La Galleria di base del San Gottardo Introduzione all'infrastruttura

Marco Corradini
FFS, Responsabile Produzione Gottardo-Ceneri

Verona, 21.09.2018

SBB CFF FFS

Indice dei contenuti

1. **Il Passo del San Gottardo**:
   a) Cenni storici;
   b) Le infrastrutture al giorno d'oggi per il valico del passo;
2. **Architettura tecnica del nuovo Tunnel di base**:
   a) Inquadramento geografico del Tunnel di base e parametri di progetto;
   b) Perimetro GBT: definizione e specificità impiantistiche e normative;
   c) Principali elementi dell'asset infrastrutturale:
      - c1) Opere Civili;
      - c2) Armamento ferroviario;
      - c3) Impianti di sicurezza e segnalamento;
      - c4) Impianti di trazione elettrica;
      - c5) Impianto di tecnica del Tunnel (TLT e BLT);
      - c6) Impianti di ventilazione;
      - c7) Impianti di raccolta e di smaltimento delle acque;
      - c8) Porte e portoni.

1. Il Passo del San Gottardo

a) Cenni storici

Il perché del nome San Gottardo

Durante il regno di Federico II, nel 1170 vennero costruiti in corrispondenza del passo un ospizio ed una cappella. Nel 1230 l'arcivescovo di Milano Enrico di Settala dedicò la cappella a San Godehardus da Hildesheim (San Gottardo).

Due anni dopo l'abate di Brema per riferirsi all'attraversamento di quel passo disse che aveva fatto il «passo del San Gottardo» e da allora diventò una consuetudine riferirsi a questa località, a questo passo, con il nome di «San Gottardo».

San Godehardus (San Gottardo) da Hildesheim

Godehardus nacque nel 961 in Baviera, nella città di Reichersdorf. Iniziò la sua educazione ecclesiastica sin da giovanissimo nel monastero benedettino di Niederaltaich e, nel 1022, fu nominato vescovo della cattedrale di Hildesheim dal Enrico II, re del Sacro Impero Romano.
Godehardus era rinomato per la sua ferrea disciplina, per il suo lavoro, per il suo ruolo nella campagna imperiale a riformare la chiesa e l'educazione.
Morì nel 1038. Fu santificato nel 1131 da Papa Innocenzo II.

Vista del Passo nel 1910 (Foto: Museo del San Gottardo)

La realizzazione di una infrastruttura carrabile sull'itinerario del San Gottardo richiese molto tempo prima di diventare una realtà.

Solo nel 1770 fu possibile attraversare il passo del San Gottardo con piccole carrozze, ma comunque non con un servizio regolare.

Nel 1830 venne finalmente messa in funzione una strada larga circa 6 m su tutto l'itinerario. Il trasporto di merci passò così dal limite di carico dei 150 kg del mulo ai 500 kg del carro trainato dai cavalli.

L'utilizzo della strada era comunque quasi proibitivo nel periodo invernale, soprattutto nella Val Tremola e nella Schöllenen.

La strada della Val Tremola, in inverno (Foto: M. Corradini, 13.01.2018)

La strada della Val Tremola, in estate (Foto: M. Corradini, 01.07.2006)

La gola della Schöllenen (Fonte: Rapporto BGG, 2017)

La vera rivoluzione nel traffico attraverso il passo del San Gottardo si ebbe però con la costruzione della ferrovia, realizzata dalla società «Gotthardbahn» (1871-1882).

La ferrovia fu inaugurata ufficialmente il 23.05.1882 (con un treno speciale da Milano a Lucerna ed uno da Basilea a Lucerna) ed entrò completamente in esercizio il 01.06.1882

Treno inaugurale in arrivo nella stazione di Göschenen (Archivio Eidg, Berna)

b) Le infrastrutture al giorno d'oggi per il valico del passo

➢ <u>Stradali:</u>

- La via Tremola;
- La strada cantonale;
- La galleria autostradale (canna singola a doppio senso di marcia, 05.09.1980).

❖ *La nuova galleria autostradale (doppia canna ma una sola corsia per senso di marcia, 2035)*.

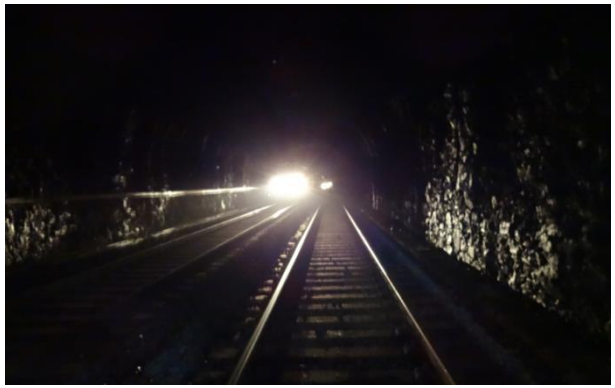
La via Tremola (Foto: M. Corradini, 01.07.2006)

La strada cantonale (Foto: M. Corradini, 01.07.2006)

La galleria autostradale (Foto: www.pinterest.de)

➢ <u>Ferroviarie:</u>

- Galleria della tratta panoramica (1882);
- Galleria di base del Gottardo (2016).



Galleria della tratta panoramica (Foto: M. Corradini, 18.02.2015)

Galleria di base del Gottardo (Foto: AlpTransit SA)

SBB CFF FFS

2. Architettura tecnica del nuovo Tunnel di base

a) Inquadramento geografico del Tunnel di base e parametri di progetto

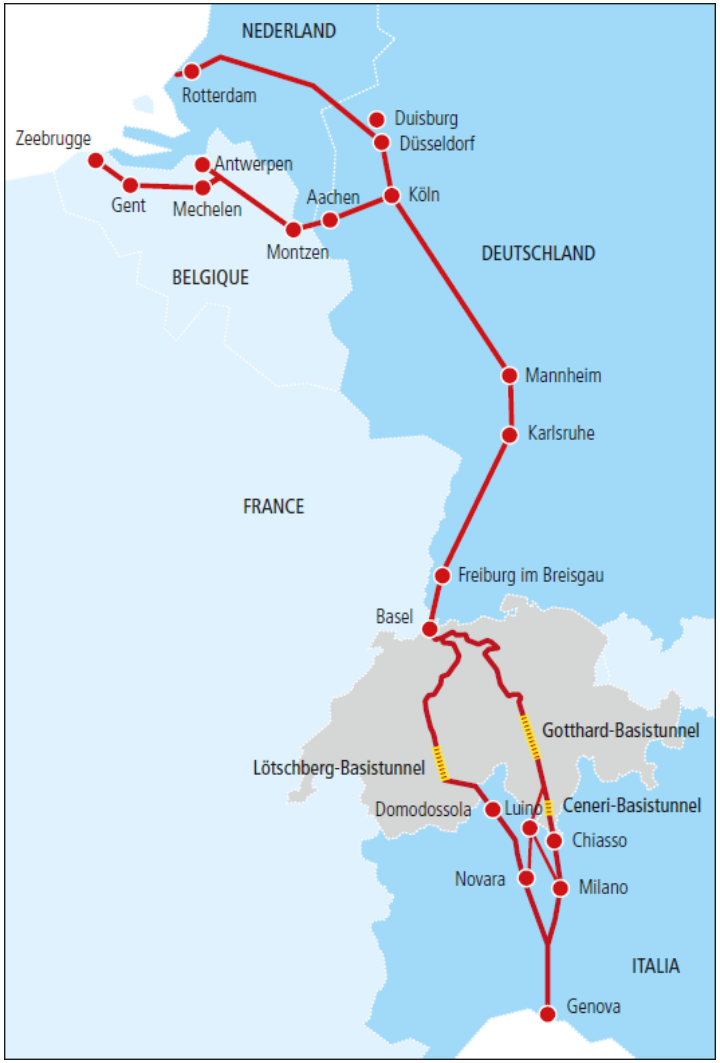
a1) Il corridoio «Reno – Alpi»

Permette di collegare il Mare del Nord (porto di Rotterdam) con il Mediterraneo (porto di Genova).

L'attraversamento alpino avviene tramite:

- L'itinerario Lötschberg-Sempione;
- L'itinerario Gottardo-Ceneri.

Il corridoio in cifre	
Distanza geografica	Rotterdam–Genova: 1400 km Zeebrugge–Genova: 1500 km
Lunghezza del tracciato	2500 km
Cinque Paesi attraversati	Paesi Bassi, Belgio, Germania, Svizzera, Italia
Sei società di gestione dell'infrastruttura	ProRail (NL), Infrabel (B), DB Netz (D), RFI (I), FFS e BLS Netz (CH)
Quattro porti marittimi, sei porti interni	
Circa 50 terminali intermodali	



a2) La Nuova Ferrovia Trasversale Alpina (NFTA)

E' il progetto di esecuzione più grande della Svizzera.

Comprende la costruzione della Galleria di base del Lötschberg, della Galleria di Base del Gottardo e di quella del Ceneri come pure le loro interconnessioni alle linee ferroviarie esistenti.

<u>Stato del Progetto:</u>

- Galleria di base del Lötschberg (34.7 km), attiva dal 2007;
- Galleria di base del Gottaardo (57.0 km), attiva dal 2016;
- Galleria di base del Ceneri (15.4 km), sarà in esercizio da dicembre del 2020;
- *«Corridoio 4 m» sull'asse Nord-Sud, via Chiasso e Luino, sarà in esercizio da dicembre 2020*.

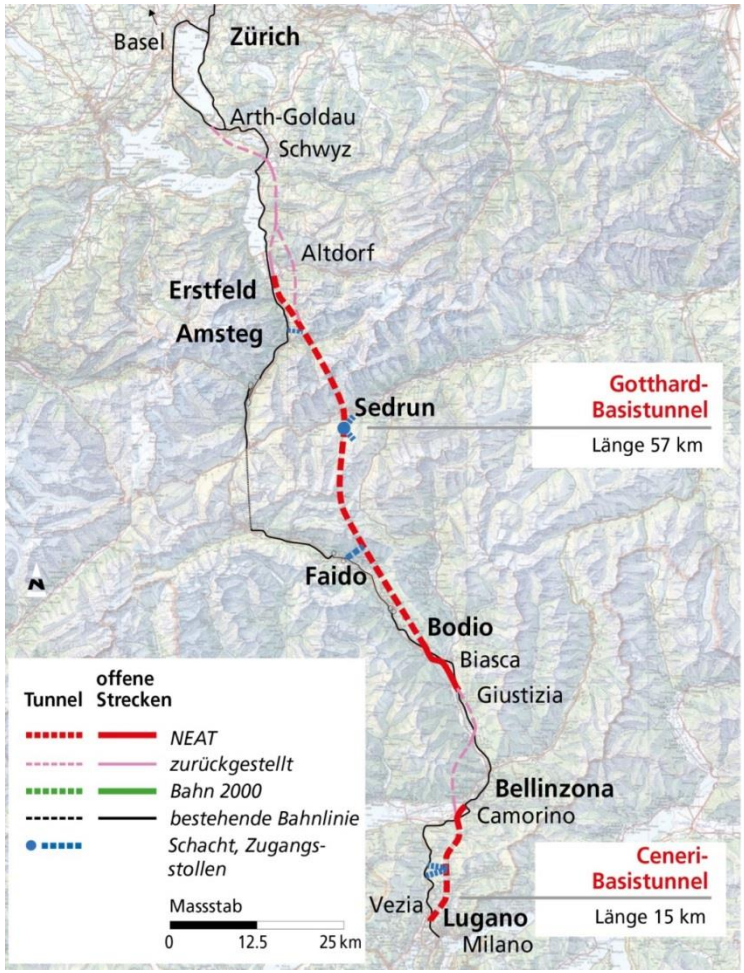
a3) L'asse «del Gottardo»

Galleria di Base del Gottardo

- Lunghezza: 57.0 km
- Collega Erstfeld (UR) con Bodio (TI)
- Roccia sovrastante massima: 2300 m
- Materiale di scavo: 28 mln di tonnellate
- In esercizio dal 11.12.2016

Galleria di Base del Ceneri

- Lunghezza: 15.4 km
- Collega Vigana con Vezia presso Lugano (TI)
- Roccia sovrastante massima: 800 m
- Materiale di scavo: 8 mln di tonnellate
- Apertura: prevista dicembre 2020



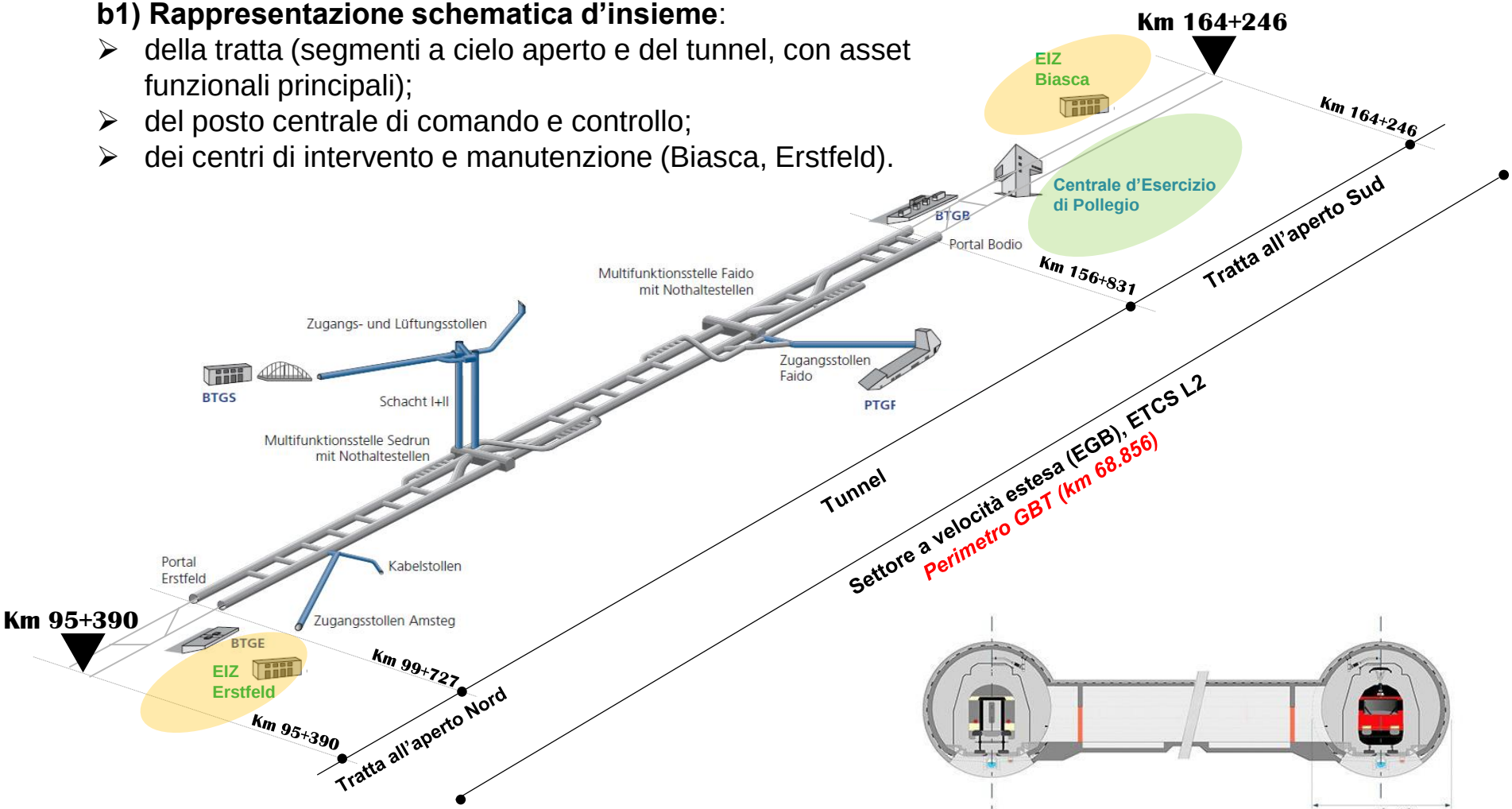
a4) Parametri di progetto

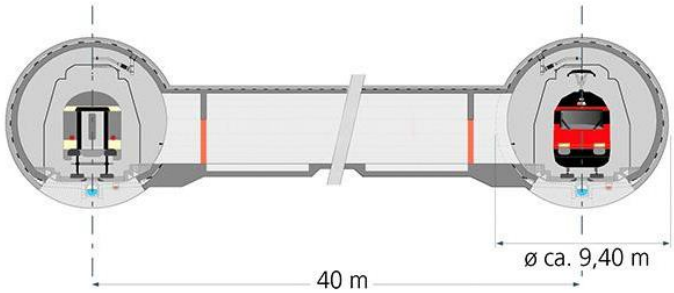
- Doppio binario (galleria a doppia canna, ciascuna a singolo binario)
- Esercizio misto (passeggeri, merci)
- Velocità massima:
  - treni passeggeri: 250 km/h
  - treni merci: 160 km/h (v_{min} = 80 km/h)
- Potenzialità (treni/giorno):
  - treni passeggeri 50 – 80
  - treni merci 220 – 260
- Sagoma limite: EBV 4 (Eisenbahnverordnung 4)
- Altezza l.d.c. (min – max) 5.2 – 5.4 m (EN 50119)
- Alimentazione 15 kV 16.7 Hz
- Scartamento 1435 mm (standard)
- Peso assiale massimo 25 t/asse
- Interasse dei binari 40 m in galleria
  5.50 m nelle tratte a cielo aperto
- Pendenza massima 12.5 ‰
- Raggio planimetrico ≥ 4’900 m (per binari di corsa)
- Durata d’impiego almeno 100 anni
- Temperatura max. esercizio 40ºC

b) Perimetro GBT: Definizione e specificità impiantistiche e normative

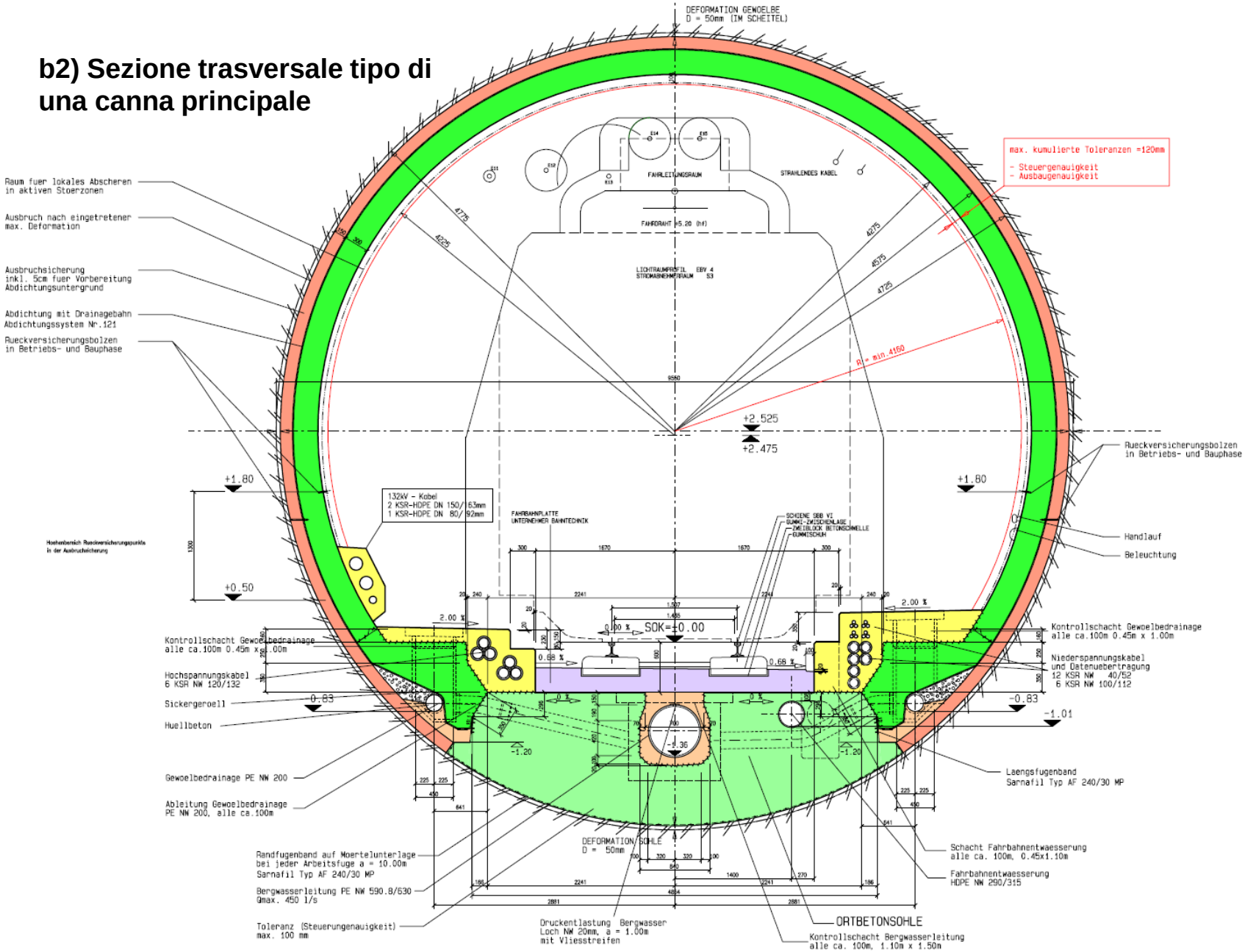
b1) Rappresentazione schematica d'insieme:

- della tratta (segmenti a cielo aperto e del tunnel, con asset funzionali principali);
- del posto centrale di comando e controllo;
- dei centri di intervento e manutenzione (Biasca, Erstfeld).





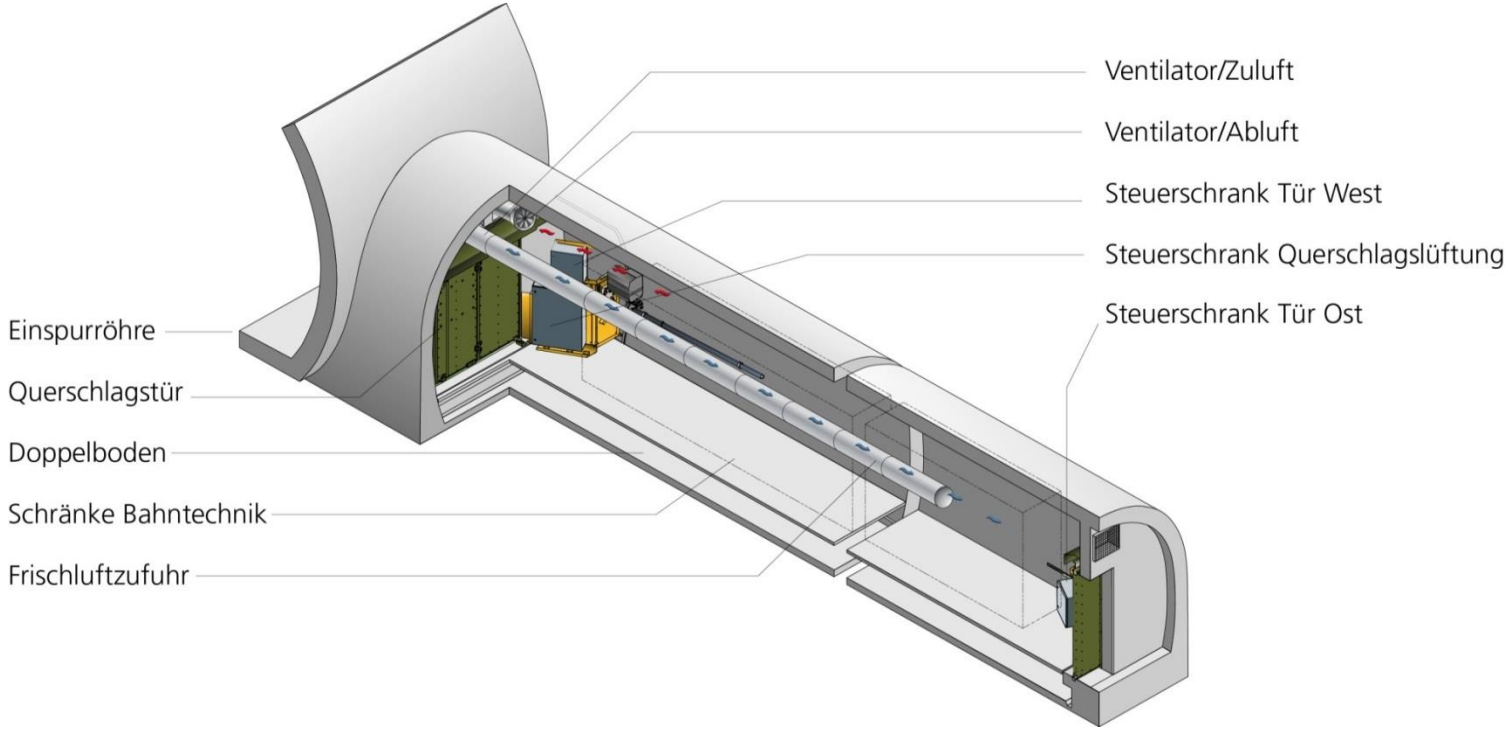
b2) Sezione trasversale tipo di una canna principale



b3) Cunicoli trasversali (QS/CT)

I QS/CT (Cunicolo Trasersale) collegano le canne principali ogni 325 m.
In totale ci sono 176 cunicoli trasversali che sono numerati da nord (n° 1) a sud (n° 176) e hanno una lunghezza di circa 30 m. Entrambe le estremità sono chiuse da due porte che si aprono tramite un supporto elettrico.

All'interno dei QS/CT si trovano armadi elettrici per lo più climatizzati. I cunicoli trasversali vengono ventilati continuamente. In ogni QS/CT sono istallate due colonnine per le chiamate di soccorso.



b4) Normative supplementari

La GBL (Gotthard BasisLinie) è la terza tratta ferroviaria svizzera ad «Alta Capacità», dopo la Berna-Olten (NBS – GI sono le FFS) ed il Tunnel di Base del Lötschberg (LBT – GI è la BLS).

A differenza delle prime due, è la prima linea ad alta capacità in Svizzera in una regione bilingue ed è la prima linea ad alta capacità in galleria delle FFS.

Per la sua messa in esercizio sono stati adattati, o creati appositamente, dei nuovi regolamenti da parte della divisione Infrastruttura di FFS, d'intesa con l'Ufficio Federale dei Trasporti, sia per le fasi di messa in esercizio che per l'esercizio definitivo, i più importanti dei quali sono:

- R RTE 50169 – Disposizioni di sicurezza in corrispondenza di tratte ETCS Level 2;
- R RTE 50170 – Fermata d'emergenza GSM nelle aree di lavoro in zone con segnalazione in cabina di guida;
- R RTE 50197 – Lavori di manutenzione sulle tratte ETCS L2 delle FFS.

<u>Curiosità:</u>
In Svizzera si usa l'accezione «Settore a Velocità Estesa» (SVE) anzichè «Alta Velocità» in quanto la velocità di progetto massima ammessa dal tracciato non supera mai i 250 km/h.
Su tutte e tre le linee sopraccitate la velocità commerciale massima è al momento di 200 km/h.

c) Principali elementi dell’asset infrastrutturale:

c1) Opere civili, accompagnamento architettonico

c1.1) Introduzione:

Sull’intero asse Zurigo – Chiasso la progettazione di tutte le parti d’opera con una rilevanza estetica e di impatto sull’ambiente sono state sottoposte al controllo di un gruppo ben definito di consulenti di progetto che ne ha curato gli aspetti di uniformità architettonica e di inserimento paesaggistico.

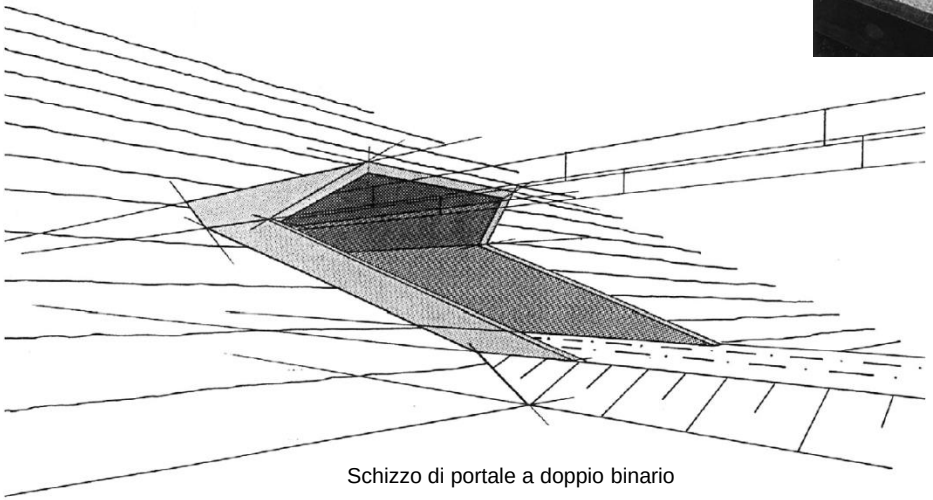
Qualunque piano esecutivo di progetto relativo a parti d’opera in vista prima di andare in realizzazione necessitava dell’approvazione formale di questo gruppo di progetto.

- Nonostante le opere civili siano state realizzate da lotti esecutivi ed imprenditori differenti ne è risultata una pressoché omogeneità ed uniformità stilistica, qualitativa e di insieme.

Le tipologie degli elementi costruttivi del progetto ferroviario sono volutamente ispirate a quelle della realizzata autostrada N2 Chiasso – Basilea (anni 1960 – 1980, Arch. Arturo Tami).

Portale sud della galleria autostradale N2

Viadotto della Biaschina e imbocco della corrispondente galleria



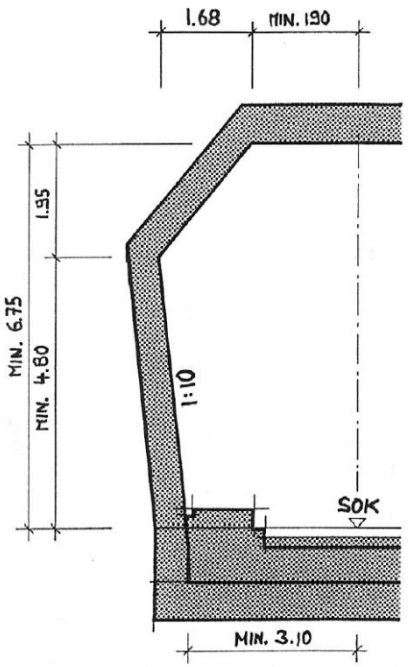
Schizzo di portale a doppio binario

c1.2) Elementi tipici:

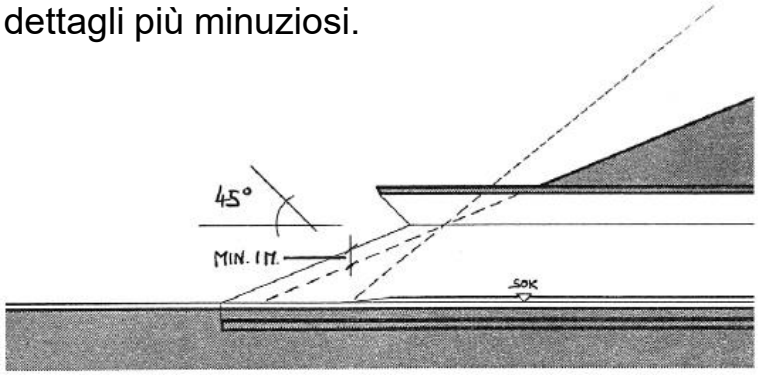
Per ogni elemento sono state definite delle direttive di riferimento della progettazione ben precise, vincolanti, dalle grandi parti d'opera ai dettagli più minuziosi.

Alcuni esempi:

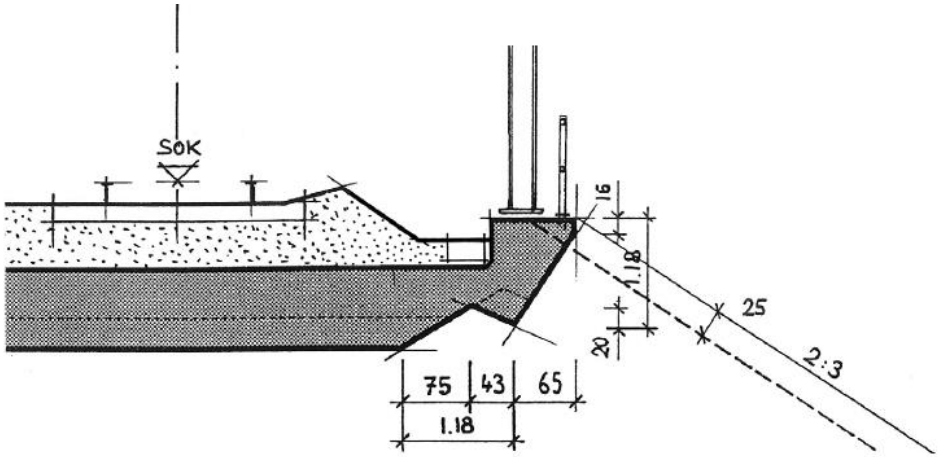
- <u>Parti d'opera</u>



Semisezione trasversale di portale di galleria

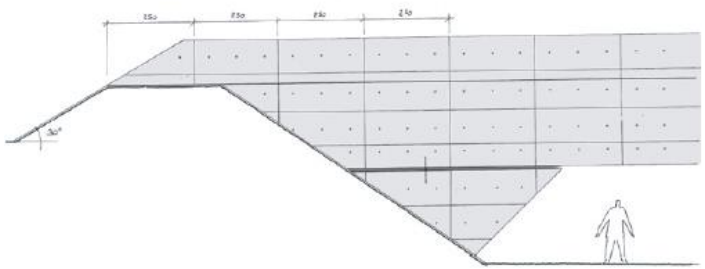


Sezione longitudinale di portale di galleria

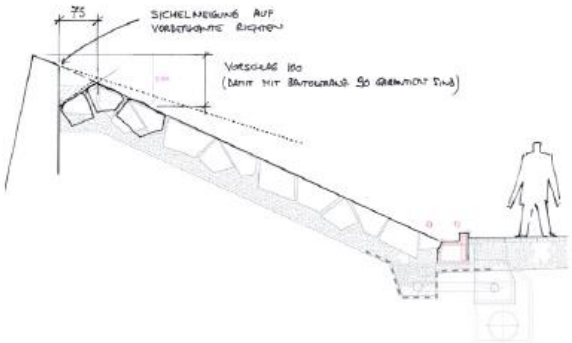


Semisezione trasversale di un impalcato / spalla

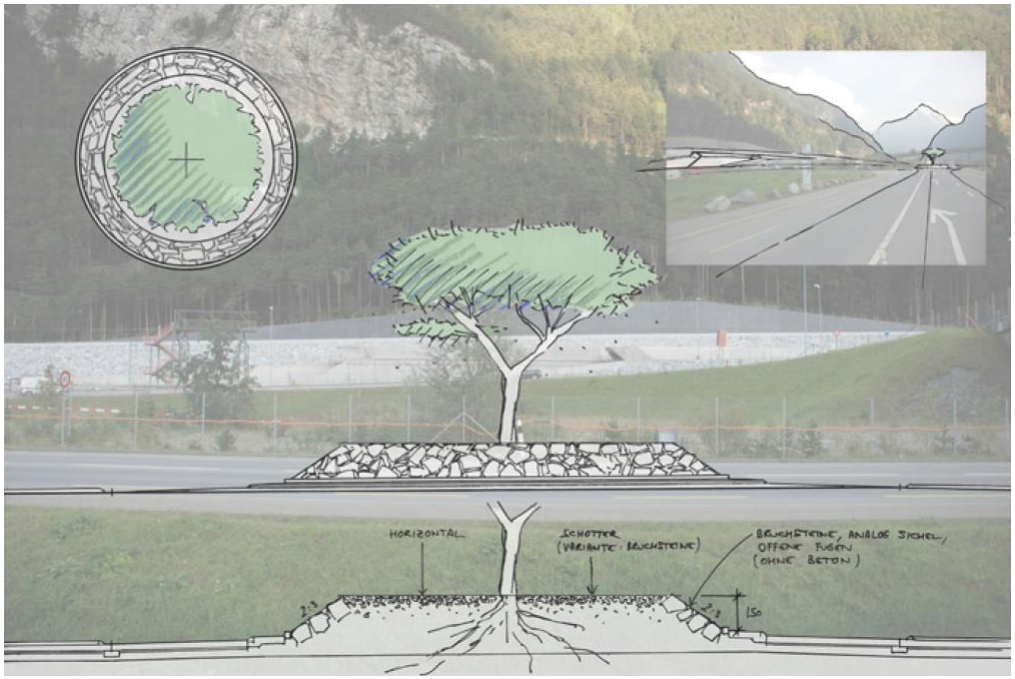
- <u>Dettagli costruttivi:</u>



Viadotto Camorino, Piano casseri della spalla – Dettaglio dell'allineamento dei casseri e dei fori dei giunti di collegamento



Portale di Rynächt - Dimensione e posizionamento geometrico dei massi delle «falci» dei portali principali

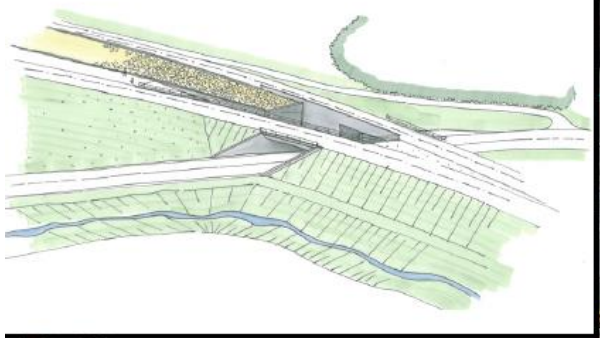


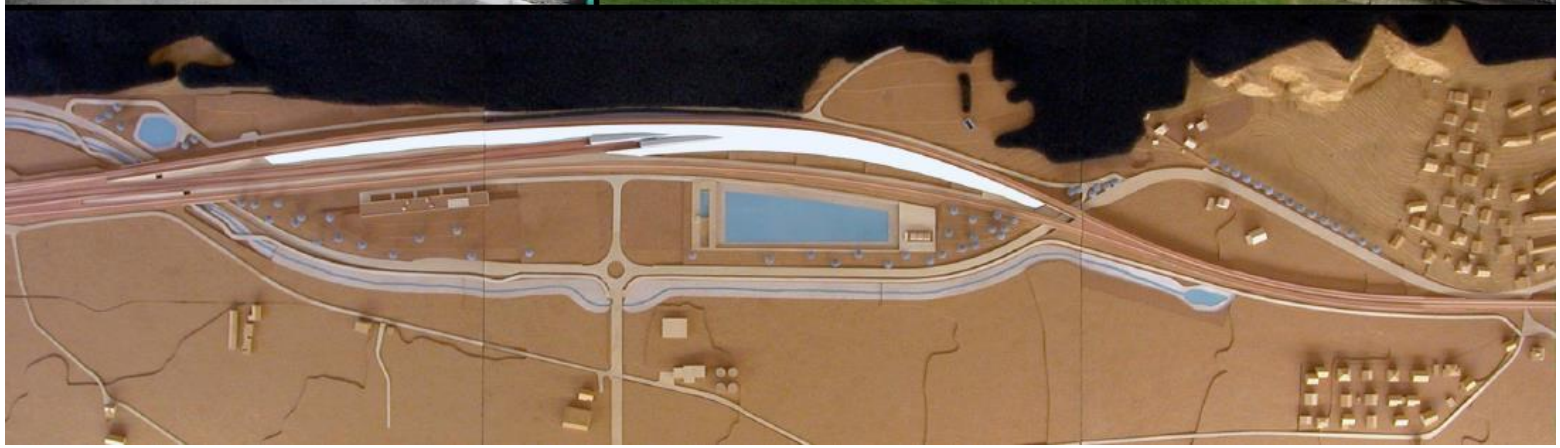
Rotatoria di Lindenried:

La corona esterna è stata realizzata in blocchi di granito secondo il concetto costruttivo previsto dal Canton Uri.

La pianta consente la vista oltre la rotatoria ma richiama al contempo la vista verso le cime alpine poste verso sud.

Esempio applicativo:
Sottopasso di Erstfeld





c1.3) Inserimento ambientale:

- Realizzazione del nuovo tracciato per quanto possibile parallelo ed in affiancamento a quello dell'autostrada N2;
- Contenimento delle emissioni foniche mediante la realizzazione di opere specifiche (dune, gallerie artificiali, barriere antirumore;
- Riutilizzo del materiale di scavo come materiale da costruzione e, laddove non possibile, come materiale di ampliamento e modellazione della morfologia esistente;
- Realizzazione di biotopi, zone umide, attraversamenti per la piccola fauna ed i rettili;
- Realizzazione di altre opere speciali (isole nel lago dei quattro Cantoni, ripristino di selve castanili, passaggi faunistici trasversali alle valli, ecc.).

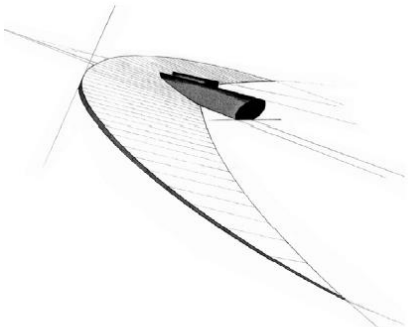
c1.4) Portali:

I portali della galleria sono stati inseriti ciascuno all'interno di una «falce» realizzata con massi a somiglianza ed a ripresa dell'immagine delle pietraie che spesso si trovano alla base delle ripide scarpate alpine.

Nel caso del portale nord viene in questo modo anche parzialmente mascherato e mitigato il salto di montone tra la nuove linea di base e la linea panoramica.

Portale Nord, particolare della falce

Portale Nord, vista



Principio della falce con lo sbocco delle due canne monobinario (1995)

Dettagli costruttivi (fase di costruzione)

Portale Nord, dettaglio della compenetrazione delle due canne della galleria nella falce

Portale Nord, dettaglio della falce

Portale Nord, muro di geotessile sul muro di sostegno a protezione della caduta massi lato monte del portale nord

Portale Sud, dettaglio della falce

Vista d'insieme

Portale Nord
Rynächt
(Canton Uri)

Vista d'insieme

Portale Sud
Bodio
(Canton Ticino)

c) Principali elementi dell'asset infrastrutturale:
c2) Armamento ferroviario

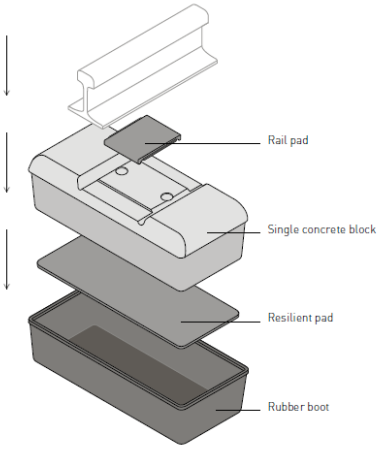
c2.1) Tratte all'aperto:

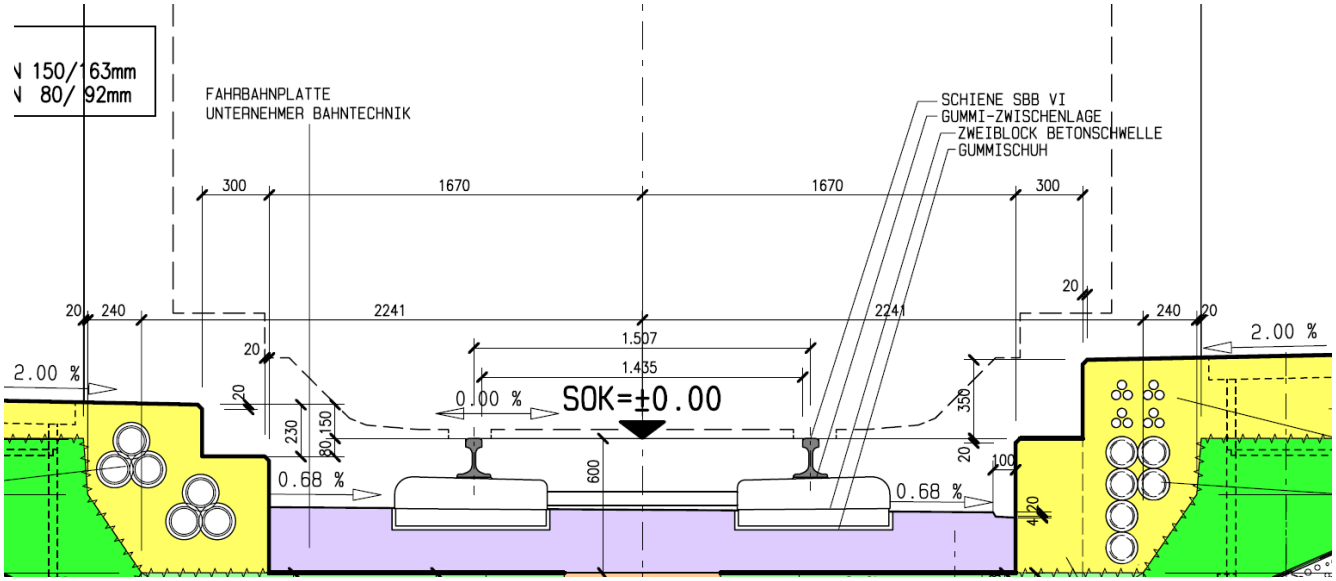
- Sovrastruttura tradizionale con sub-ballast:
  - Rotaie SBB VI (Tipo UIC60E1 R16);
  - Traverse monoblocco in c.a.p. (Tipo B91);
  - Pietrisco 30-60, spessore 35 cm;
  - Sub-ballast in conglomerato bituminoso;
- Scambi a cuore mobile e comando oleodinamico.

c2.2) Galleria:

- Sovrastruttura rigida (Tipo LVT Sonneville):
  - Rotaie SBB VI (Tipo UIC60E1 R16);
  - Traverse biblocco, inserite in una guaina gommosa, ed annegate in una platea in conglomerato cementizio;
- Scambi a cuore mobile con comando oleodinamico (EW VI-1600-1:20.3).

THE SYSTEM





c) Principali elementi dell'asset infrastrutturale:

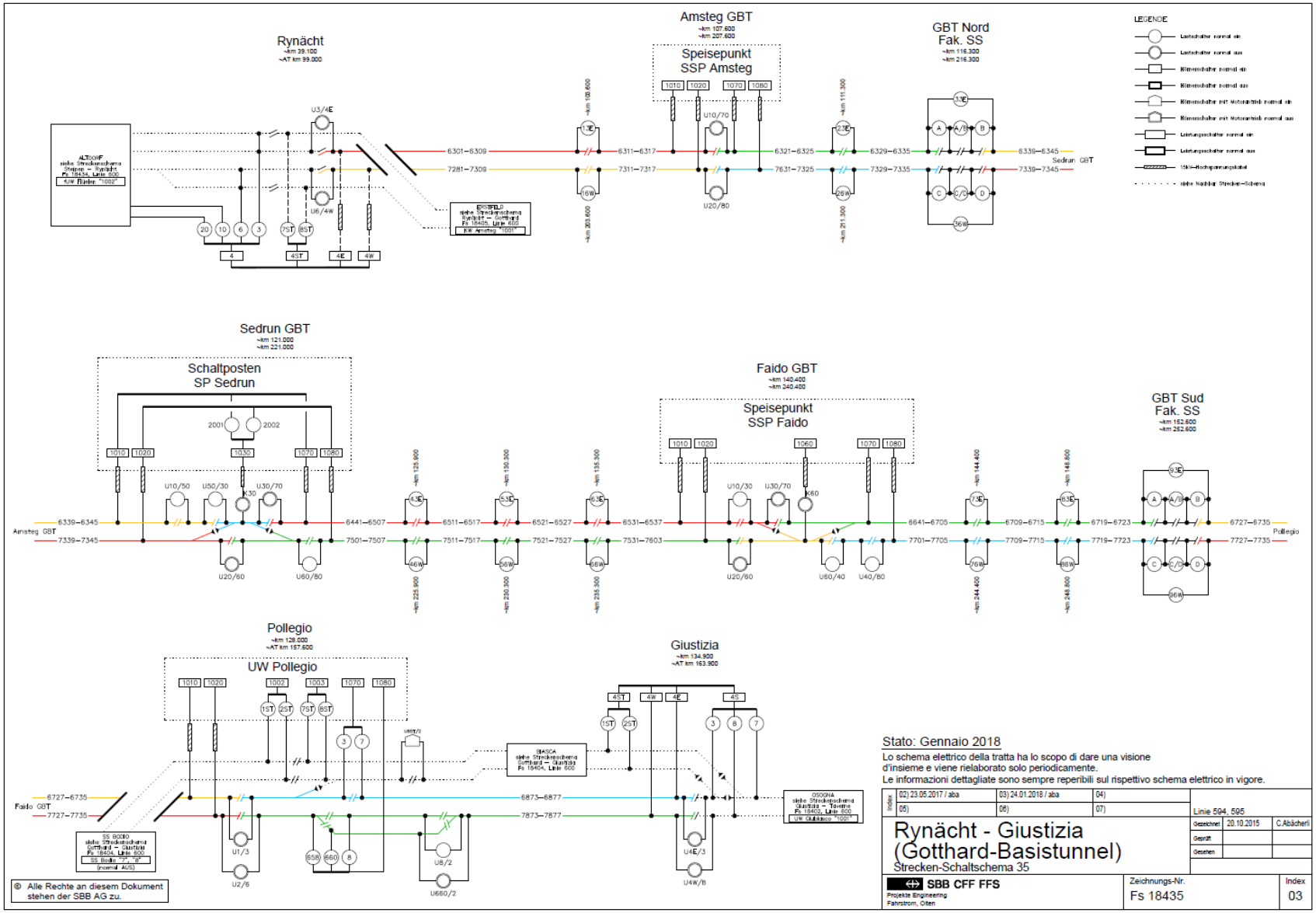
c3) Impianti di trazione elettrica

c3.1) Tipologia di impianto:

- Tensione 15 kV, alternata 16.7 Hz;
- Catenaria R 250 GBT:
  - Linea di contatto (monofilo) — 120 mm^2
  - Portante (monofilo) — 70 mm^2
  - Cavi di trasporto supplementari — 4 x 95 mm^2
  - Conduttori di messa a terra supplementari — 3 x 150 mm^2
  - Lunghezza media campata — 1300 m (2 x 650 m)

c3.2) Schema di alimentazione:

- Lunghezza di ogni sezione elettrica — 5 km
- Punti di alimentazione — Rynächt, Amsteg, Sedrun, Faido, Pollegio

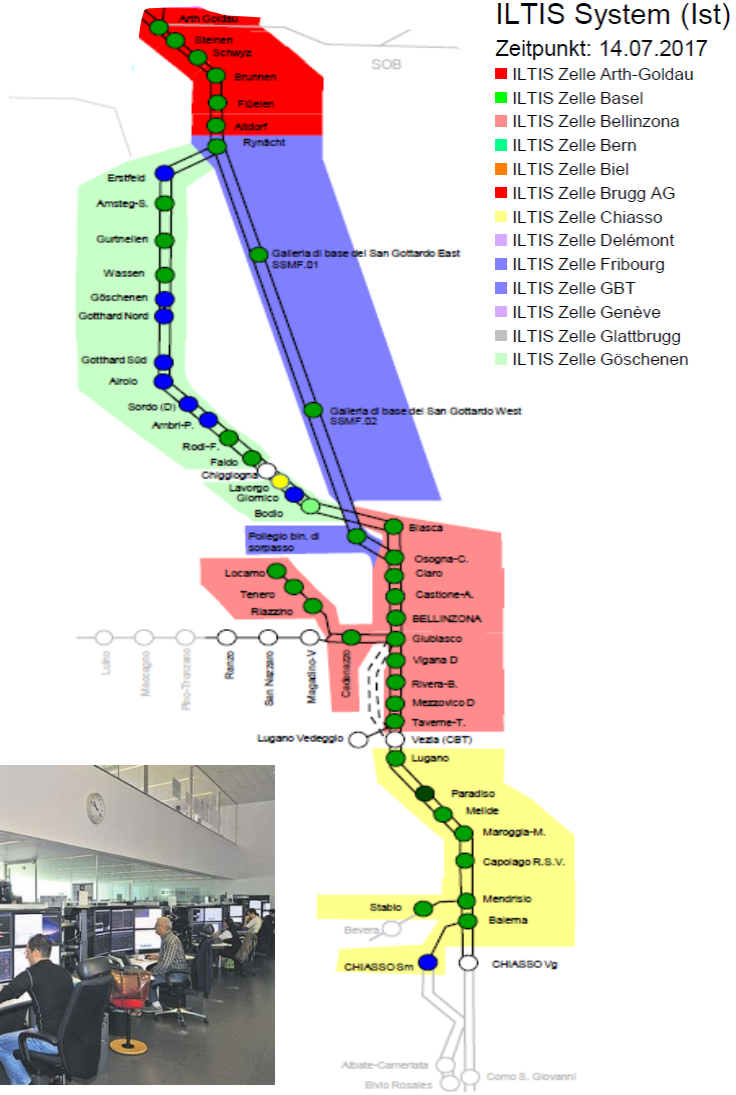


c) Principali elementi dell'asset infrastrutturale:

c4) Impianti di sicurezza e segnalamento

c4.1) Inquadramento degli impianti sull'asse Chiasso-Arth Goldau:

- Ci sono 5 celle per il controllo remoto delle stazioni e dei posti di movimento in linea:
  - Chiasso;
  - Bellinzona;
  - Gottardo;
  - Göschenen;
  - Arth-Goldau.
- Il posto centrale dal quale vengono gestiti gli impianti è la Centrale di Esercizio di Pollegio (CEP).



c4.2) Posti di movimento e fabbricati tecnologici nel perimetro GBT:

4 Posti di movimento:

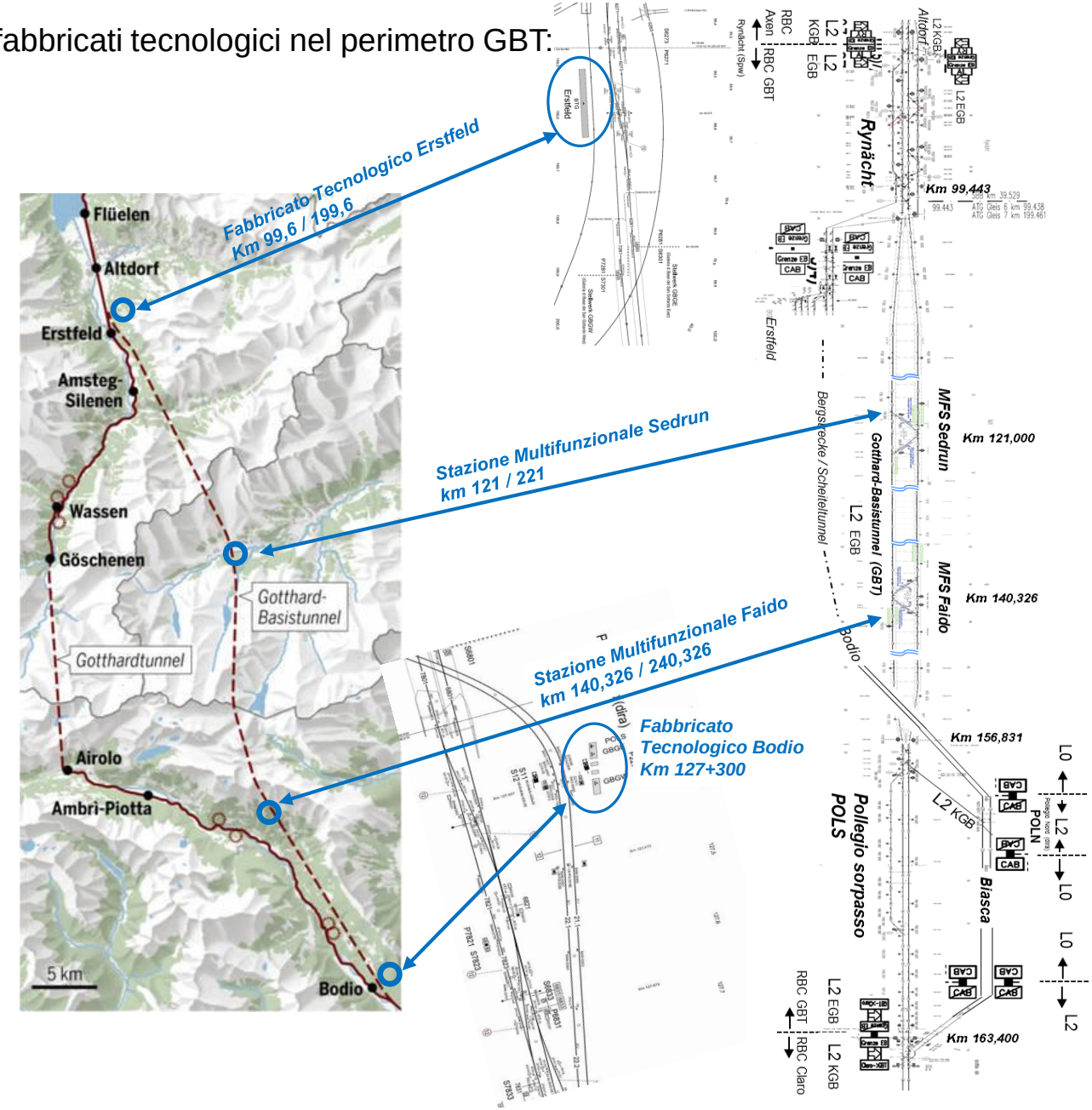
- Rynächt;
- MFS Sedrun;
- MFS Faido;
- Pollegio sorpasso.

Gli impianti IS principali sono collocati nel:

- FT Erstfeld;
- FT Sedrun;
- FT Faido;
- FT Bodio.

Il FT Bodio è quello principale di tutto il perimetro GBT in quanto in esso sono collocate anche le celle RBC di tutto l'asse del Gottardo.

Altri impianti (armadi IS) sono collocati nei CT.

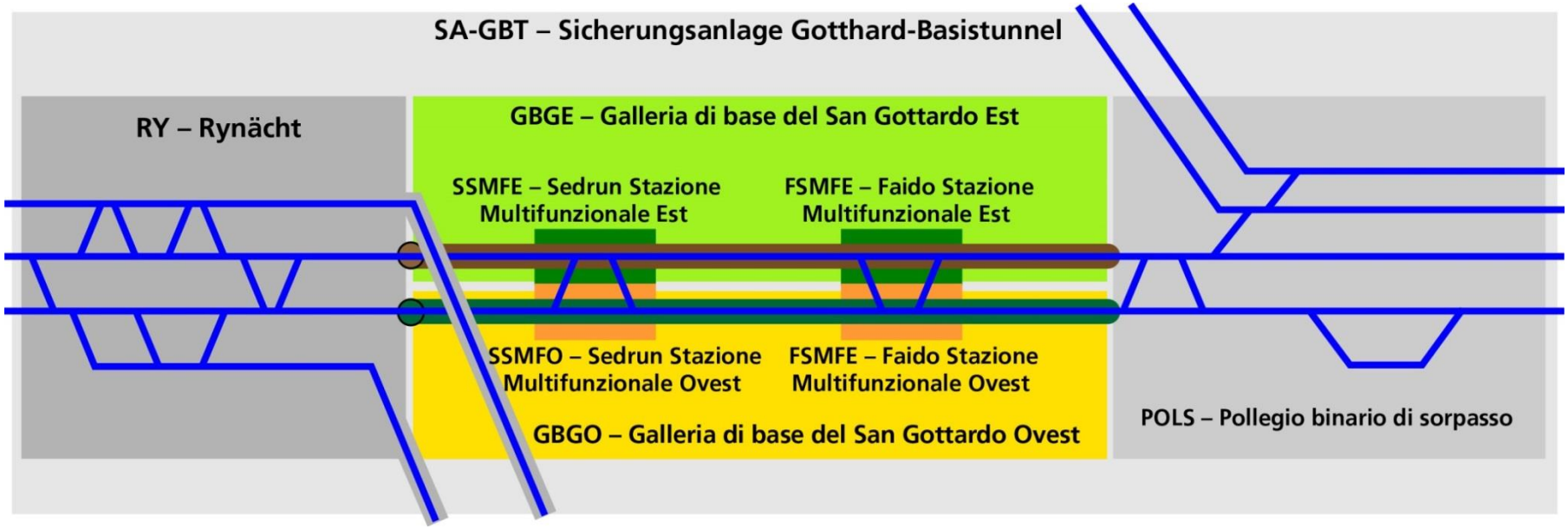


c4.3) Inquadramento funzionale degli impianti IS nel perimetro GBT:

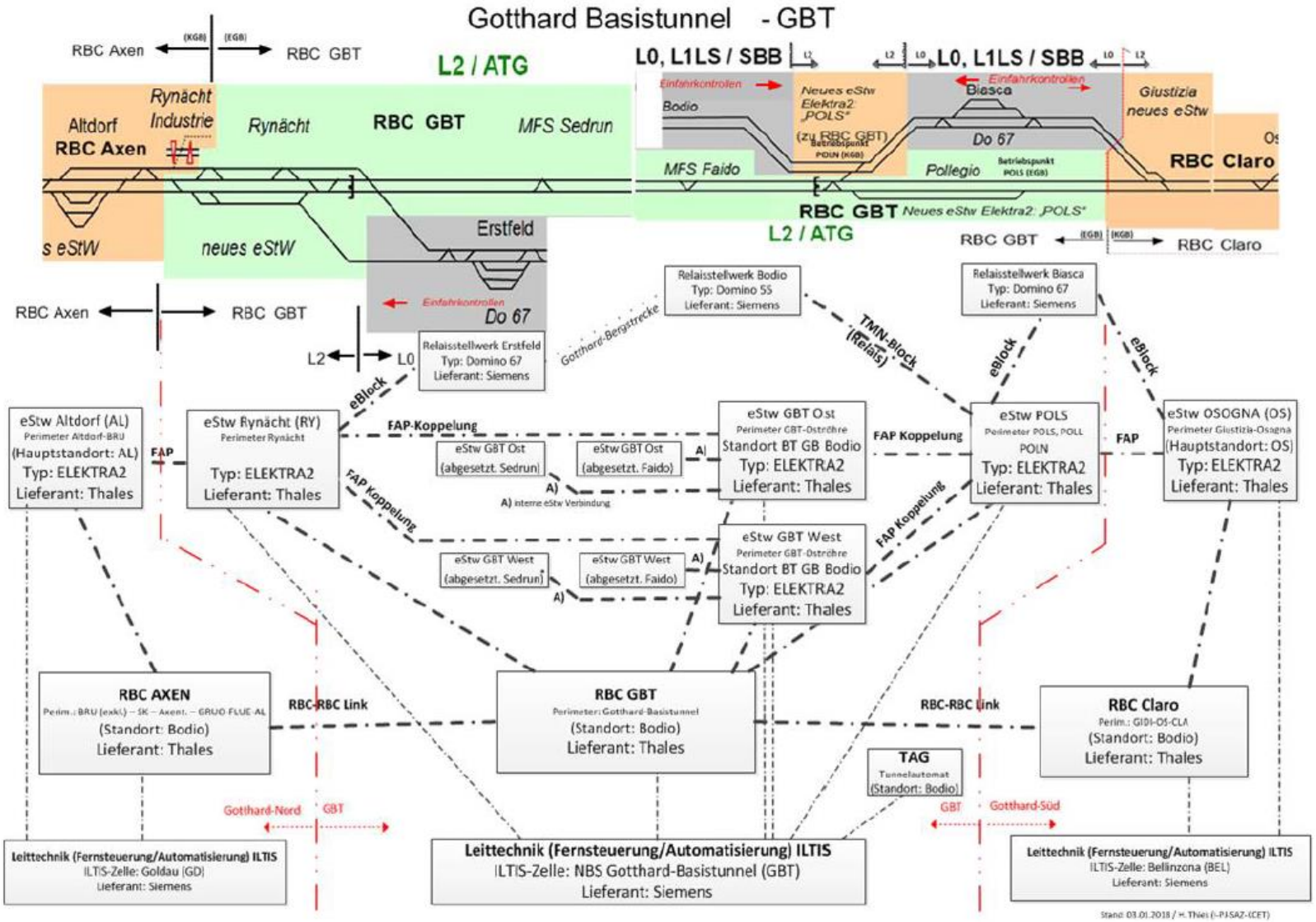
Il perimetro è suddiviso in 4 apparati centrali:

- Tratta all'aperto lato nord (Rynächt) RY
- Canna ovest GBGW
- Canna est GBGE
- Tratta all'aperto lato sud (Pollegio) POLS

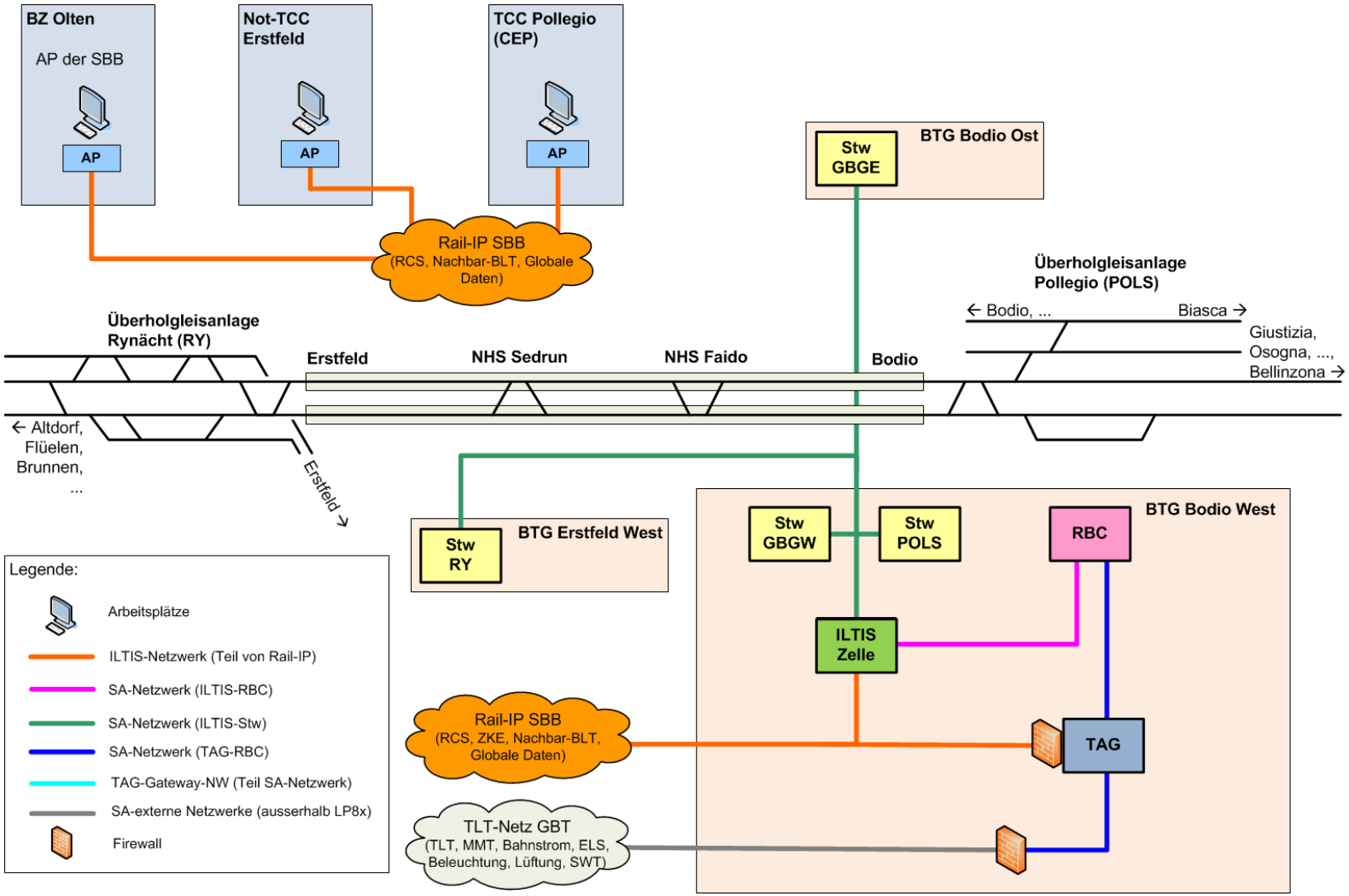
- Gli apparati centrali sono tutti del tipo ELEKTRA 2 di Thales;
- Distanziamento in linea e stazioni: blocco conta assi (a circuito magnetico, doppio anello), con sezioni di binario di lunghezza 900 m (sezioni più corte in corrispondenza degli scambi delle SMF).
- La tipologia di gestione computerizzata da remoto è il sistema ILTIS N (Integrales Leit- und Informationssystem Netz) di Siemens.



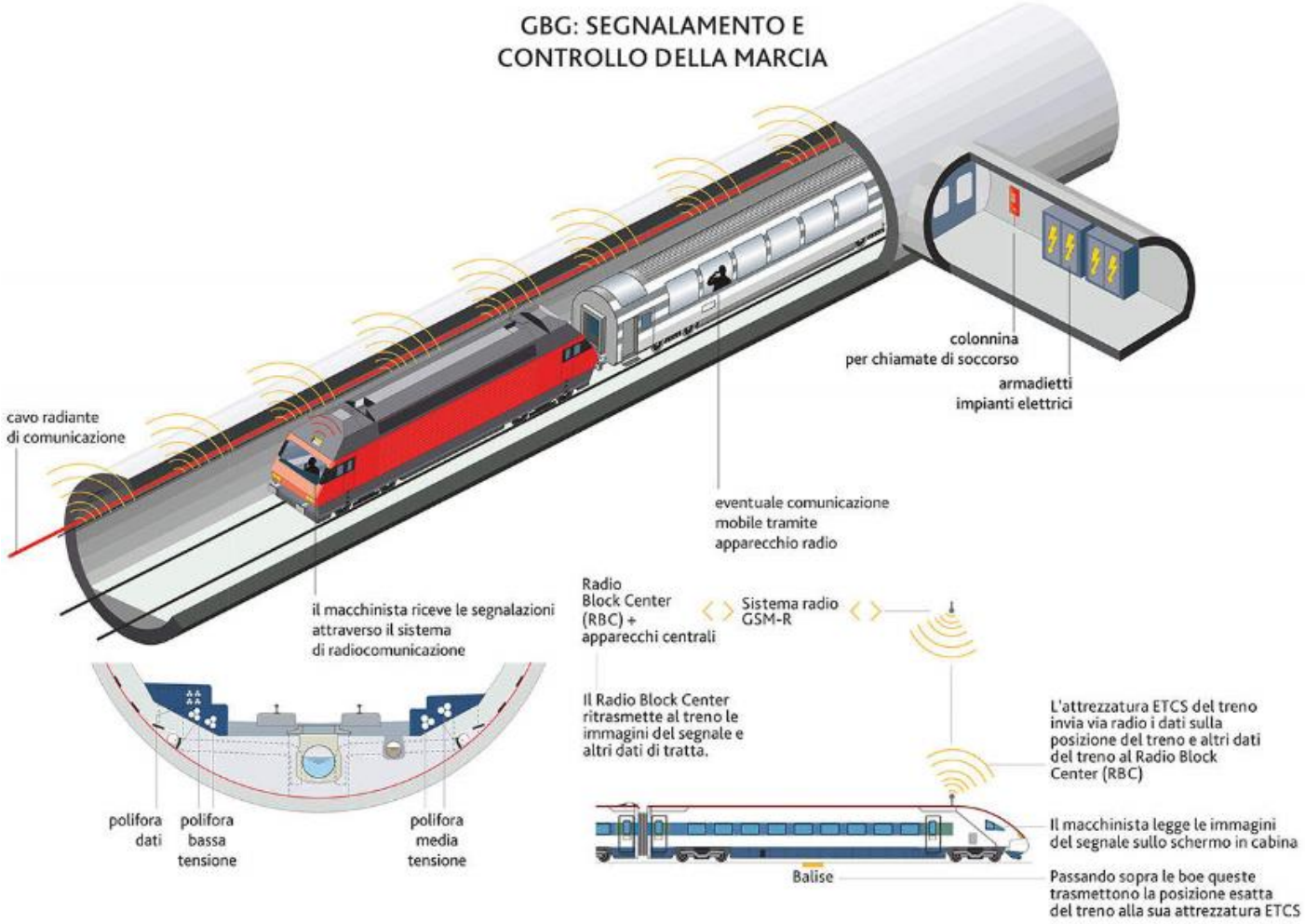
c4.4) Rappresentazione schematica della struttura degli impianti IS ed ETCS L2:



c4.5) Quadro sinottico generale degli impianti IS, TLC, TAG e TLT nel perimetro GBT



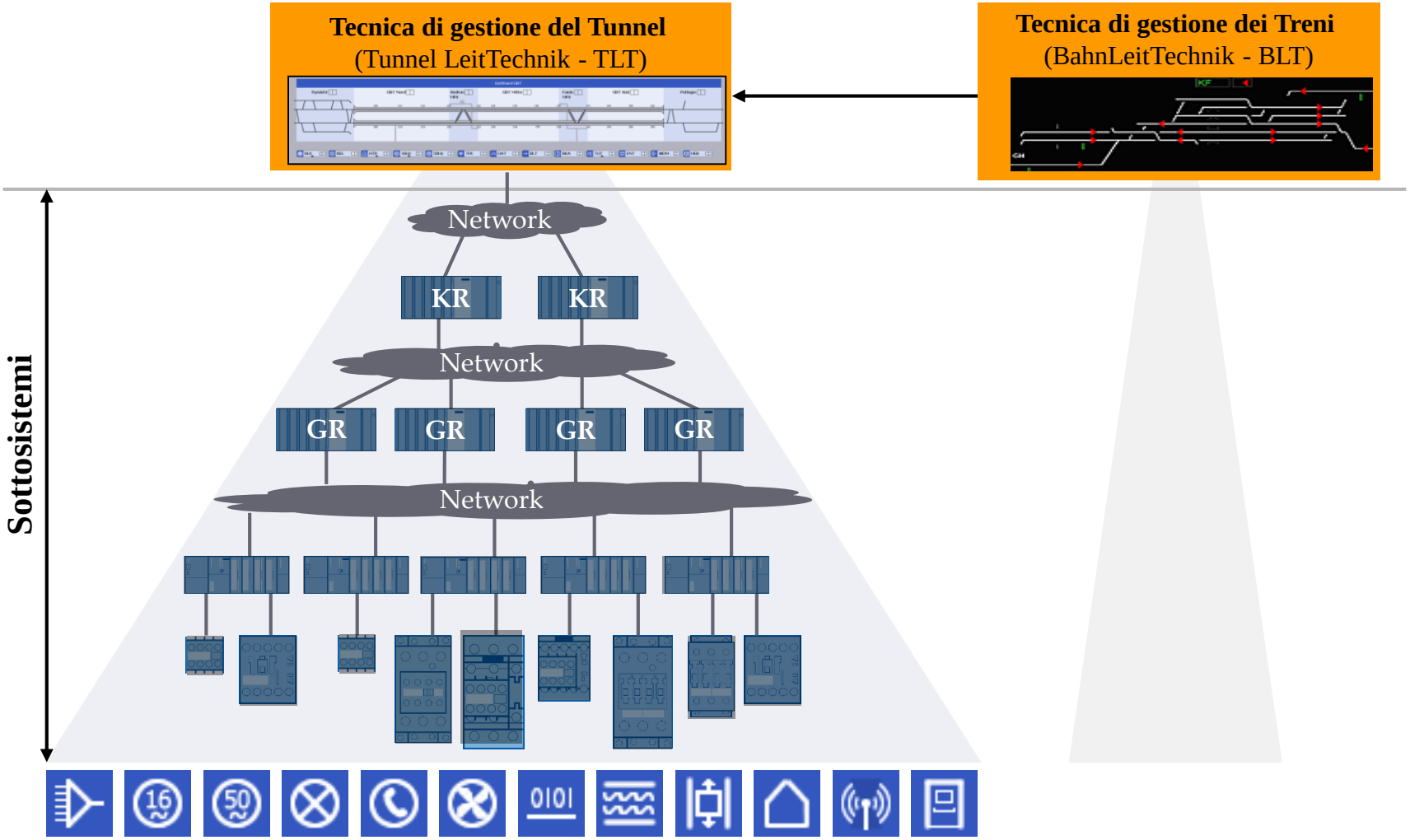
c4.6) Compendio della logica di radiopropagazione nel tunnel



c) Principali elementi dell'asset infrastrutturale:

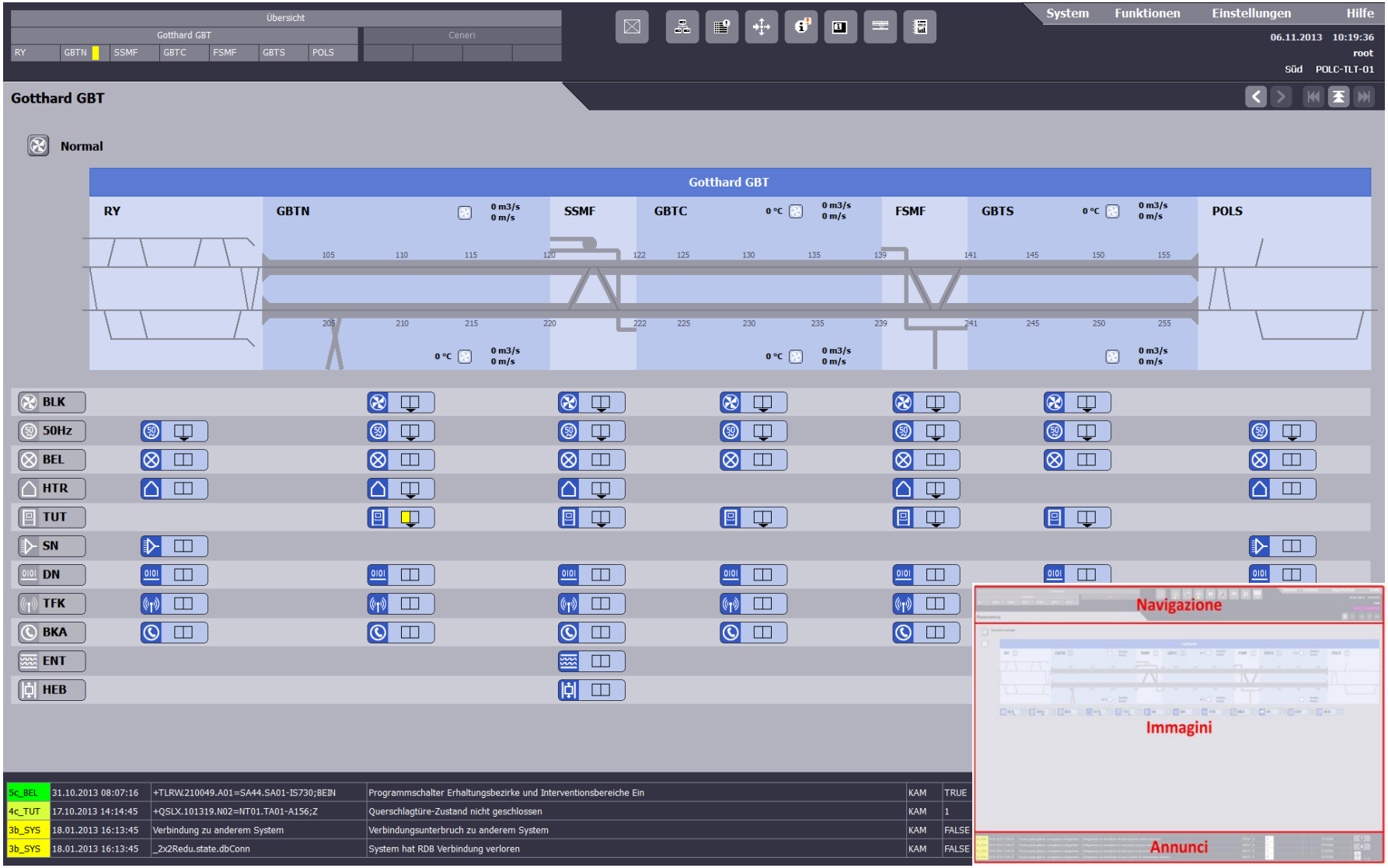
c5) Impianti di Tecnica del Tunnel (TLT e BLT)

c5.1) Inquadramento generale



SBB CFF FFS

Esempio dell’interfaccia TLT con l’operatore (2° livello di rappresentazione)



c5.2) Tecnica di gestione dei treni

Si compone di due parti:

➔ Sistema ILTIS (cfr. precedente p.to c4)
Gestisce gli impianti di sicurezza che riguardano la normale circolazione ferroviaria;

➔ Sistema TAG (Tunnel Automatik Gotthard)
Gestisce gli impianti di tecnica del tunnel in funzione della circolazione ferroviaria.

Quindi nella GBT per gli impianti di sicurezza vale il principio:
BLT = ILTIS + TAG

c5.3) Sistema TAG

- E' stato sviluppato appositamente per la gestione della GBT;
- L'implementazione di questa funzionalità supplementare nasce da una esigenza del tutto particolare (gestione della circolazione dei treni in una galleria molto lunga)

Il TAG gestisce lo stato d'esercizio della GBT nelle tre situazioni:

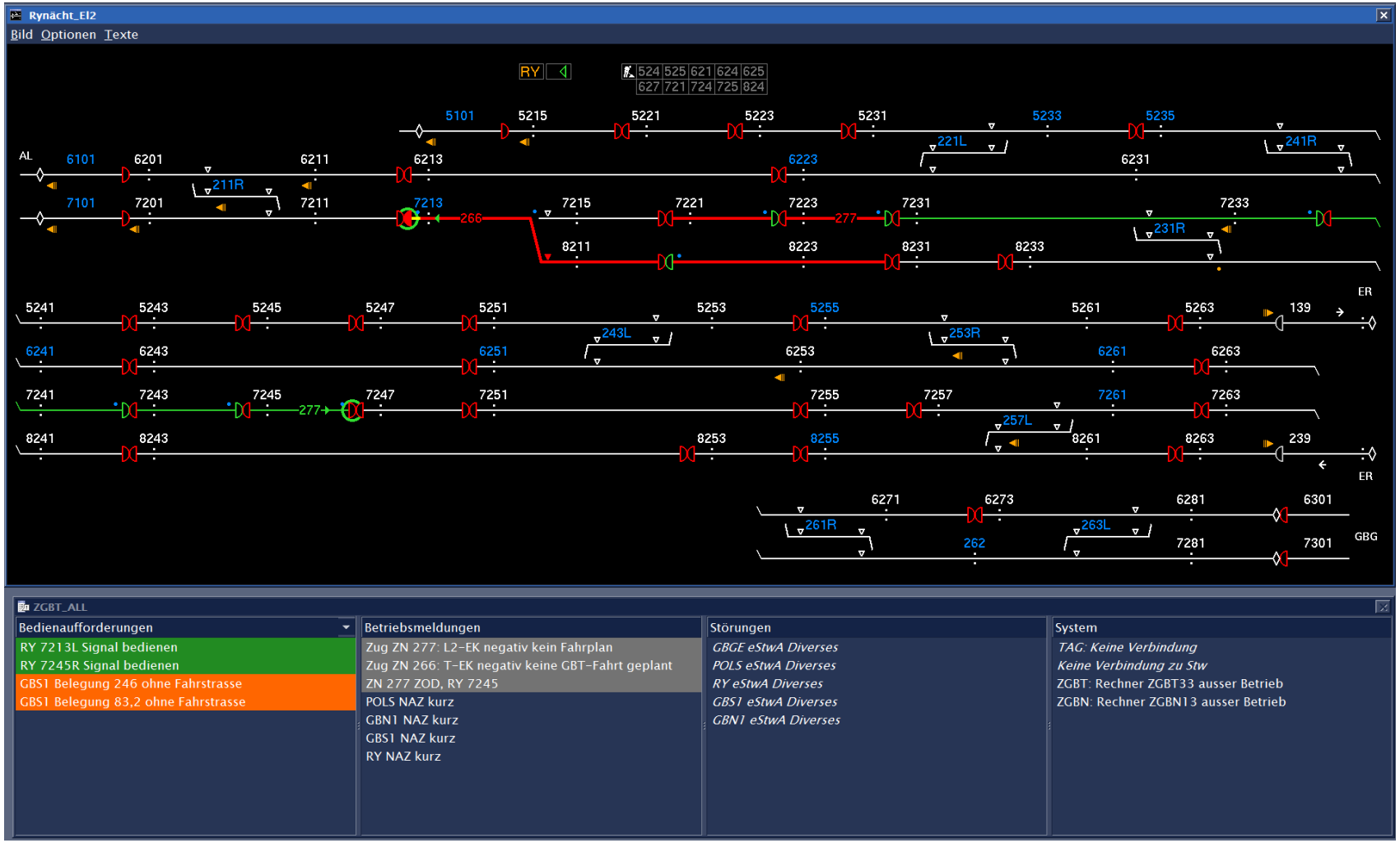
- Esercizio normale;
- Esercizio in caso di evento;
- Esercizio di manutenzione.

TAG FWS (FrühWarnSystem) – Sistema di preallarme

Il TAG esercita le seguenti funzioni:

- Confronto costante tra la velocità effettiva e la velocità teorica dei treni;
- Tiene conto di eventuali limitazioni di velocità dei singoli treni e, nel caso di infrazioni, ne invia comunicazione al RCT ed al macchinista;
- In caso di allarme, aumenta immediatamente la distanza con il treno seguente e comunica ai treni presenti nel perimetro GBT la zona di evacuazione d'emergenza più vicina;
- Attiva proposte di evento, che il RCT può confermare o rifiutare (manualmente e dopo ulteriori accertamenti). In assenza di reazione da parte del RCT interviene in automatico;
- Attuare misure di intervento immediate tra cui:
  - impedire l'accesso alla galleria ad altri treni;
  - arrestare il treno interessato dall'evento (se treno passeggeri) nella zona di evacuazione più vicina;
  - arrestare i treni (dietro al treno interessato dall'evento);
  - rallentare i treni (nella sezione della galleria opposta);
  - evacuare i treni (in caso di bisogno, in avanti, in retromarcia).

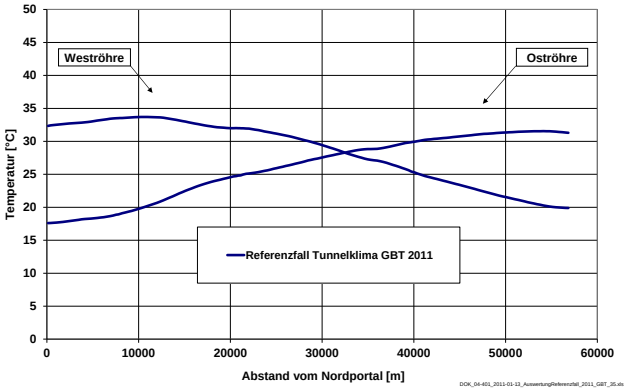
Esempio dell’interfaccia BLT con l’operatore



c) Principali elementi dell’asset infrastrutturale:
c6) Impianti di ventilazione

c6.1) Generalità

- In presenza di circolazione ferroviaria la ventilazione è normalmente spenta.
- L’andamento della temperatura nelle canne principali viene determinato dalla normale direzione di corsa dei treni;



- Dal portale di accesso le temperature salgono;
- Lungo le canne di corsa sono ubicati sensori per il rilevamento della velocità, della temperatura e dell’umidità dell’aria, nonché sensori per il rilevamento di incendi (questi sono presenti solo nelle stazioni multifunzionali).

c6.2) Scenari di ventilazione

Tre situazioni tipo:

- Circolazione normale dei treni in esercizio commerciale in entrambe le canne;
- Circolazione normale dei treni in una canna e manutenzione nell'altra canna;
- Incidente, con necessità di soccorso ai treni.

L'aria fresca viene prelevata dall'esterno ed immessa da 4 punti distinti:

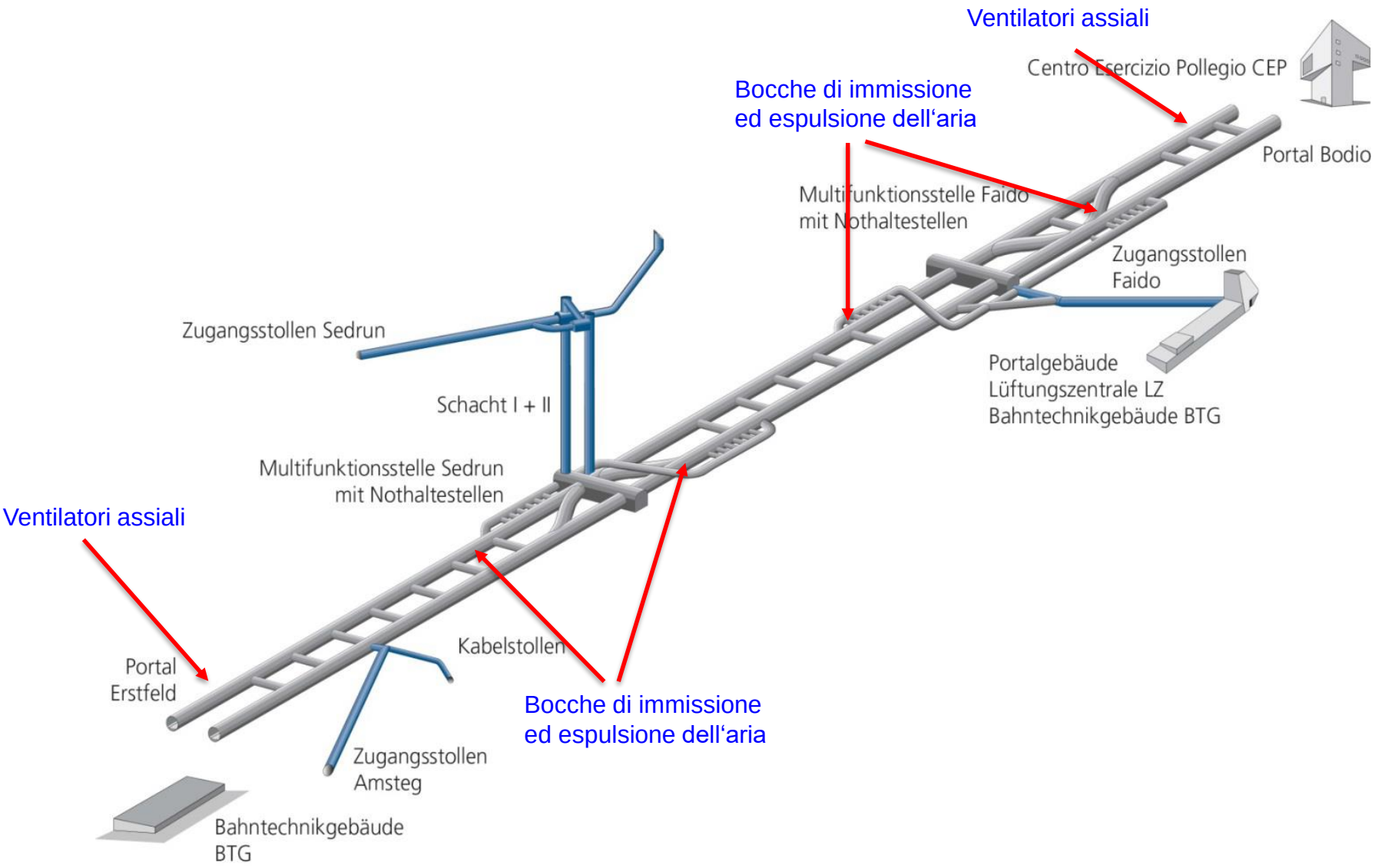
- Portale sud, tramite ventilatori assiali;
- Stazione multifunzionale di Faido;
- Stazione multifunzionale di Sedrun;
- Portale nord, tramite ventialtori assiali.

Portata massima dell'impianto:	250 m^3/s
Velocità massima del flusso d'aria in caso di manutenzione:	5 m/s.

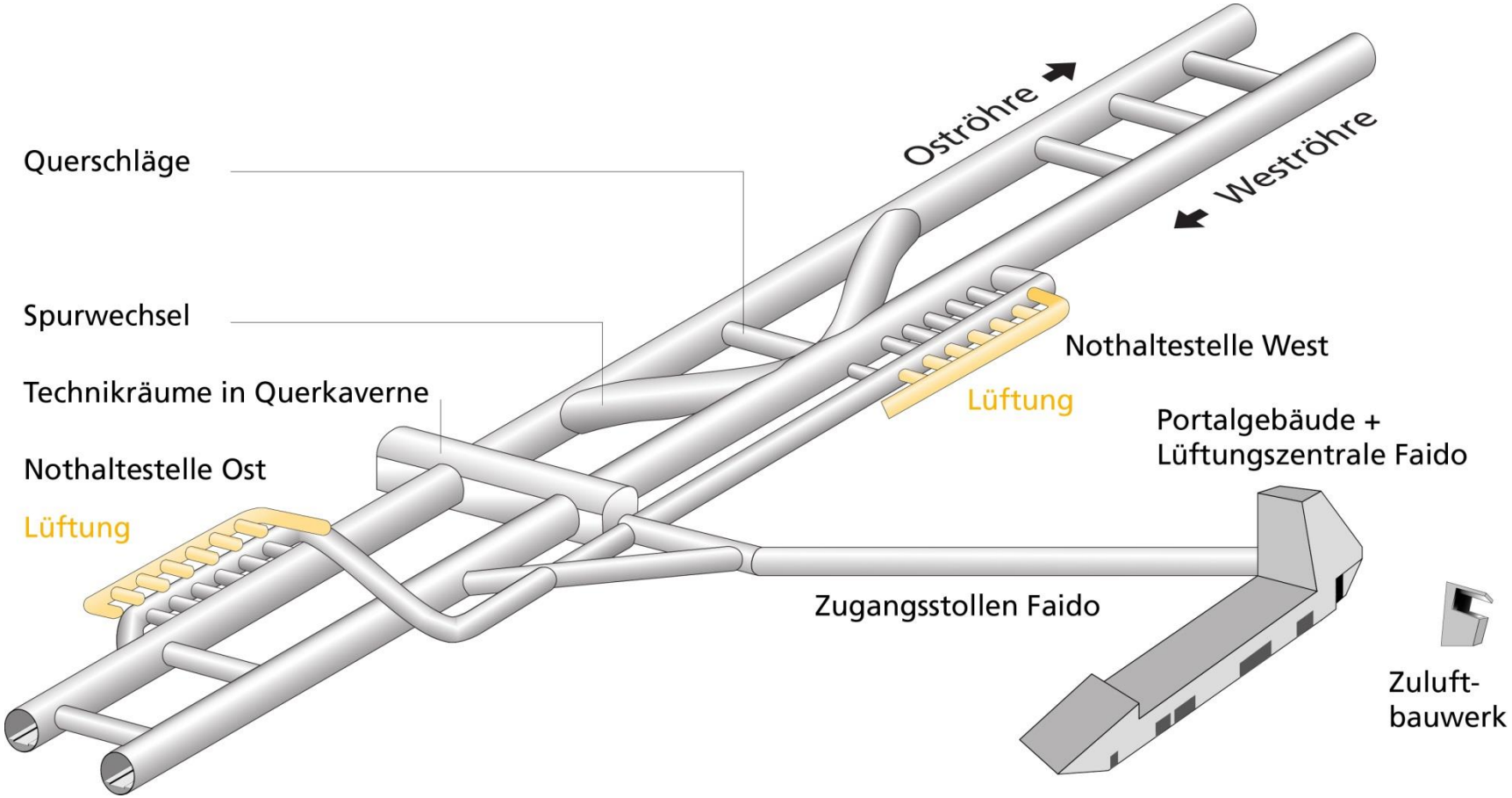
Le stazioni multifunzionali dispongono di gallerie / pozzi indipendenti per l'aspirazione e l'emissione dell'aria.

Le prime esperienze hanno evidenziato la necessità di creare degli scenari di ventilazione supplementari, che siano peraltro manipolabili manualmente dall'operatore tramite il TLT.

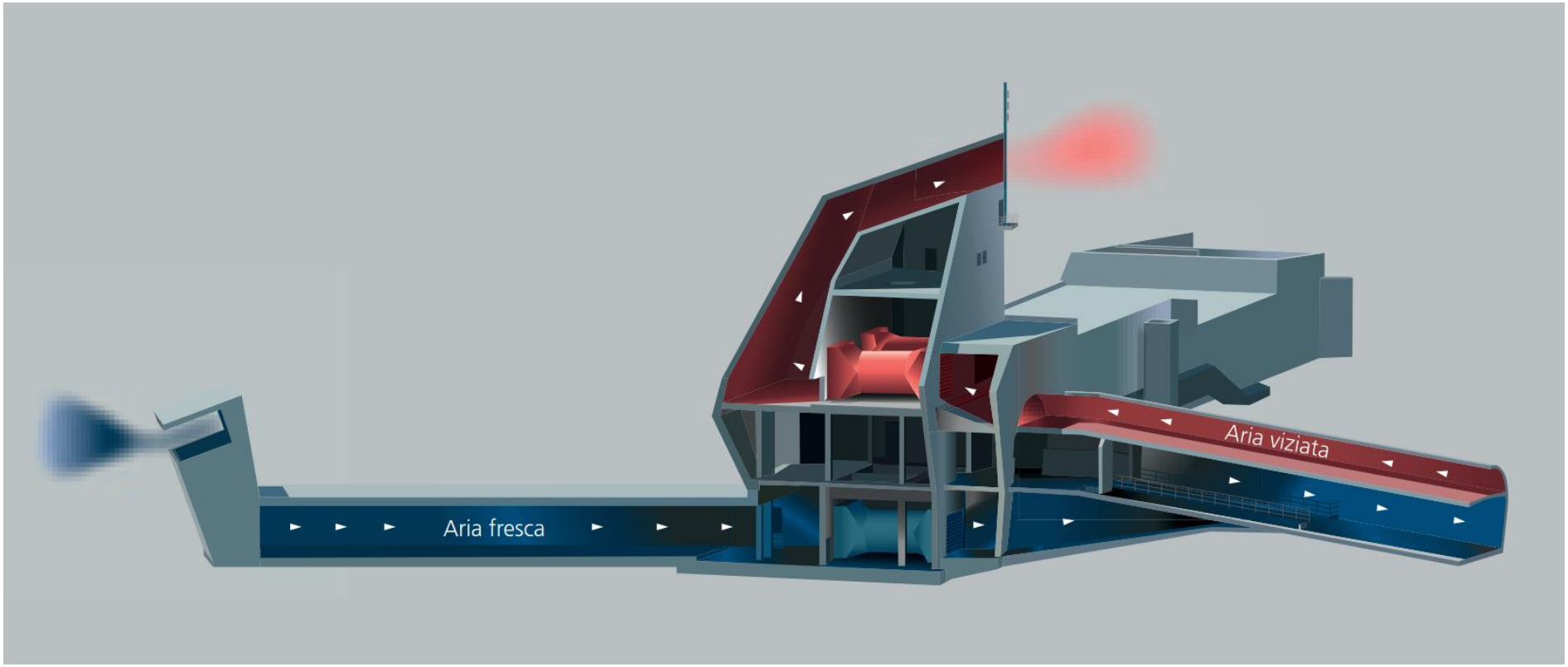
c6.3) Impiantistica di ventilazione: Inquadramento



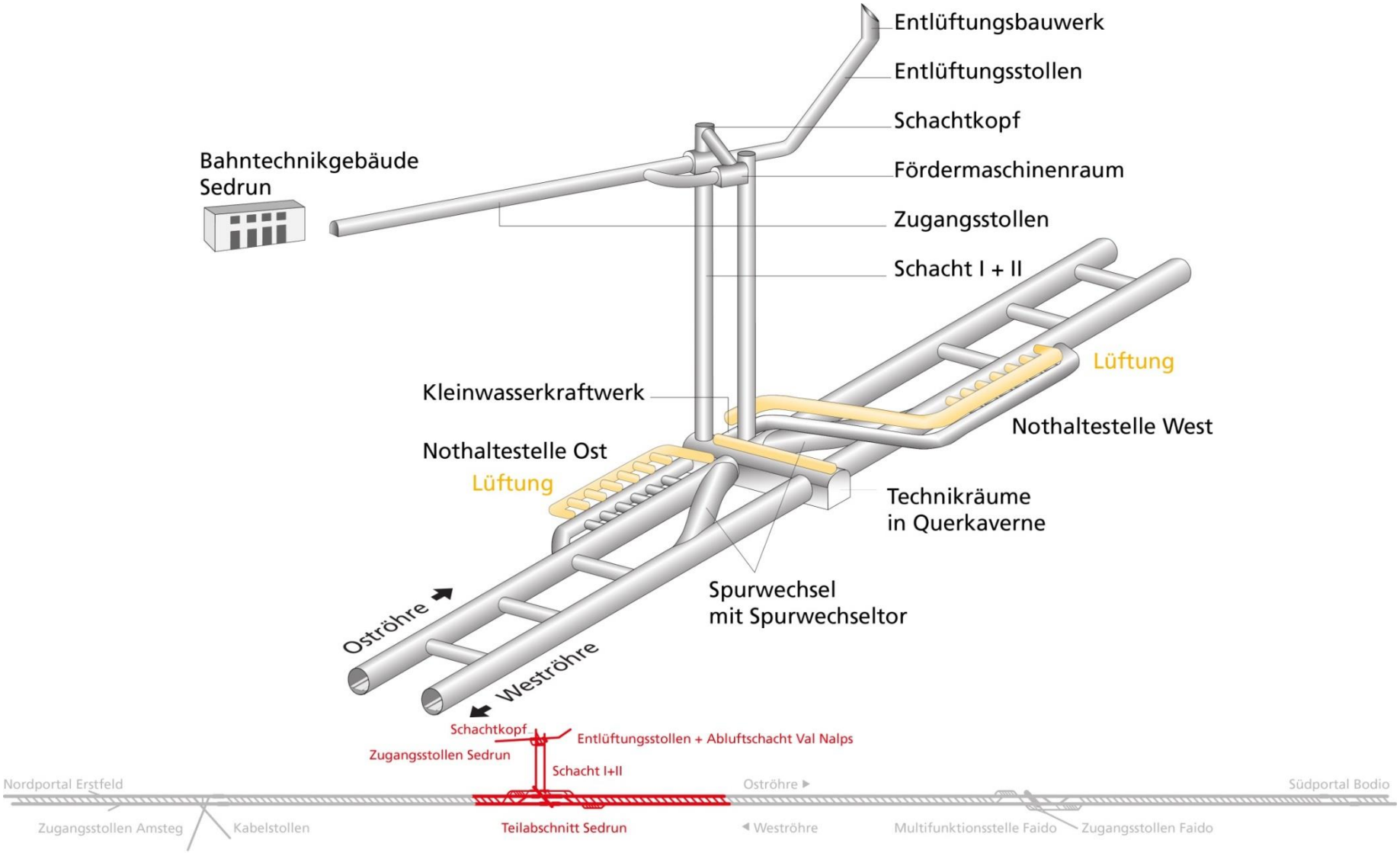
c6.4) Stazione multifunzionale di Faido



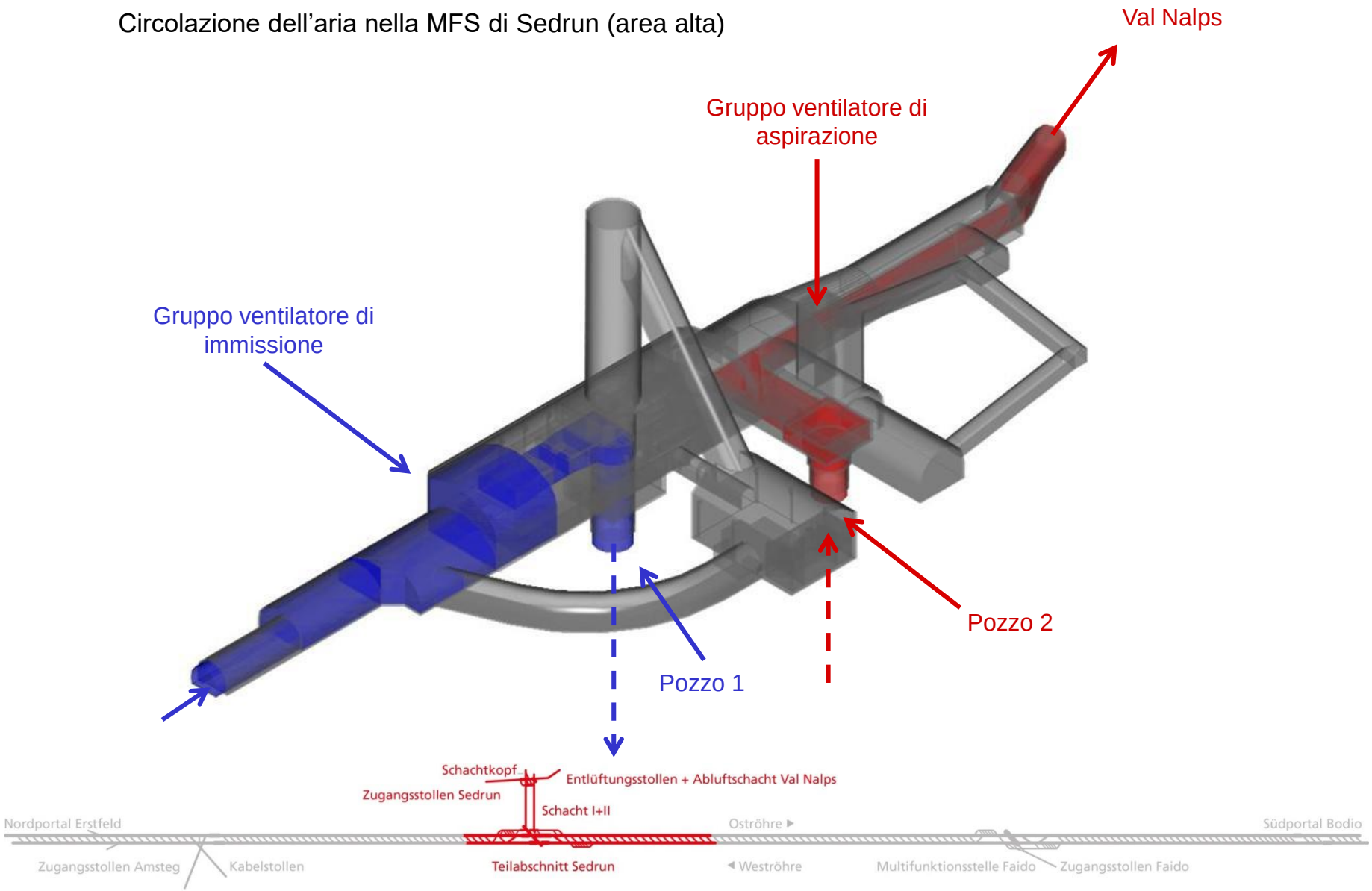
Circolazione dell’aria nella MFS di Faido (zona portale)



c6.5) Stazione multifunzionale di Sedrun



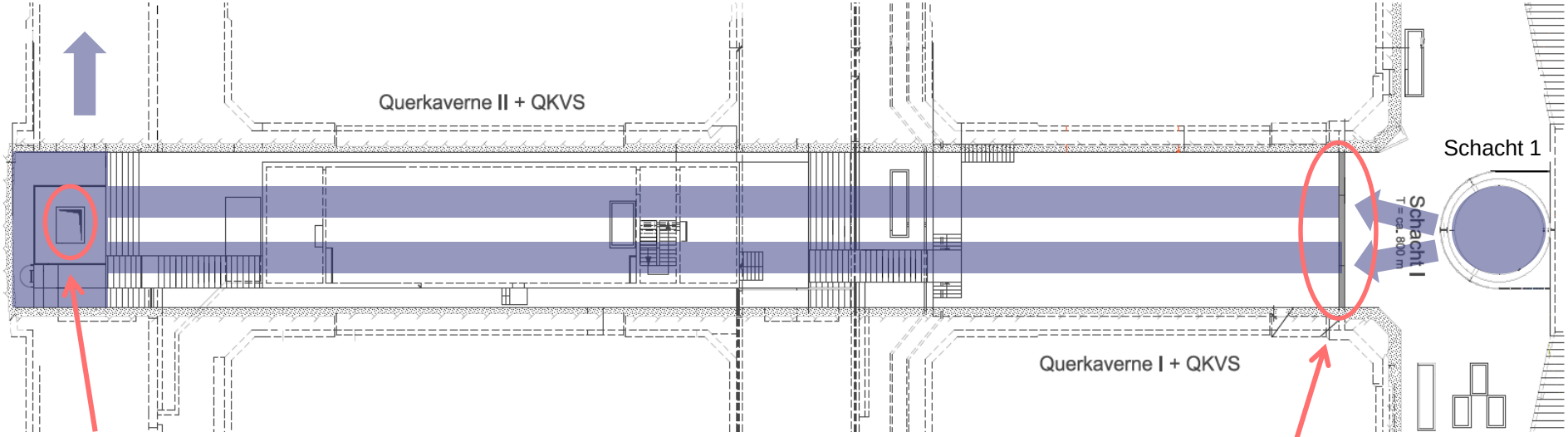
Circolazione dell'aria nella MFS di Sedrun (area alta)

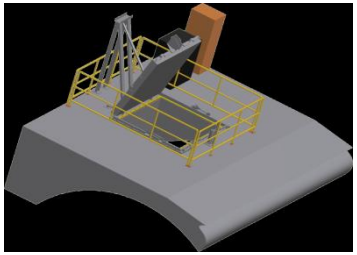


Circolazione dell’aria nella caverna trasversale della MFS di Sedrun (area piano binari)

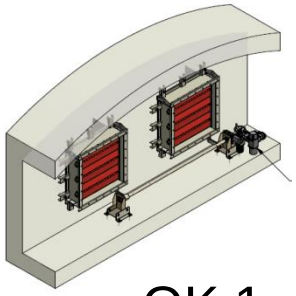
TLRW

TLRE





LK 3



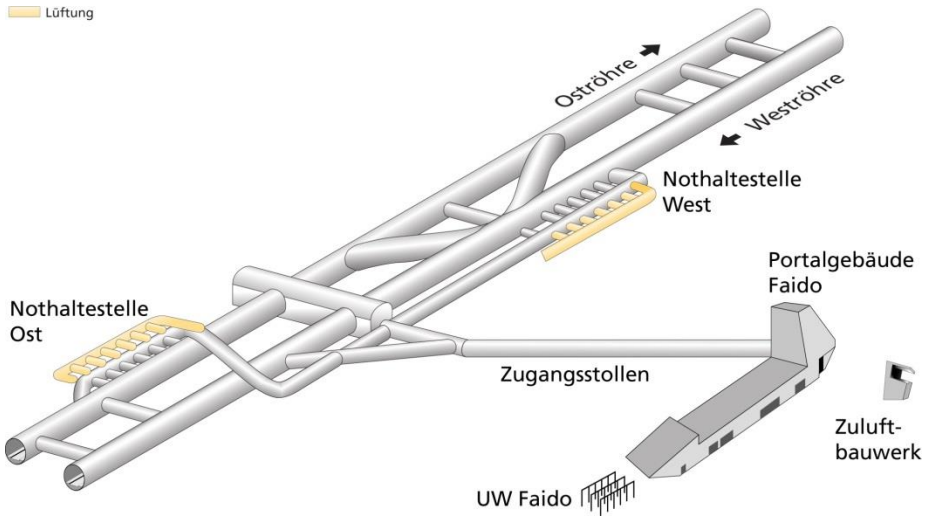
QK 1

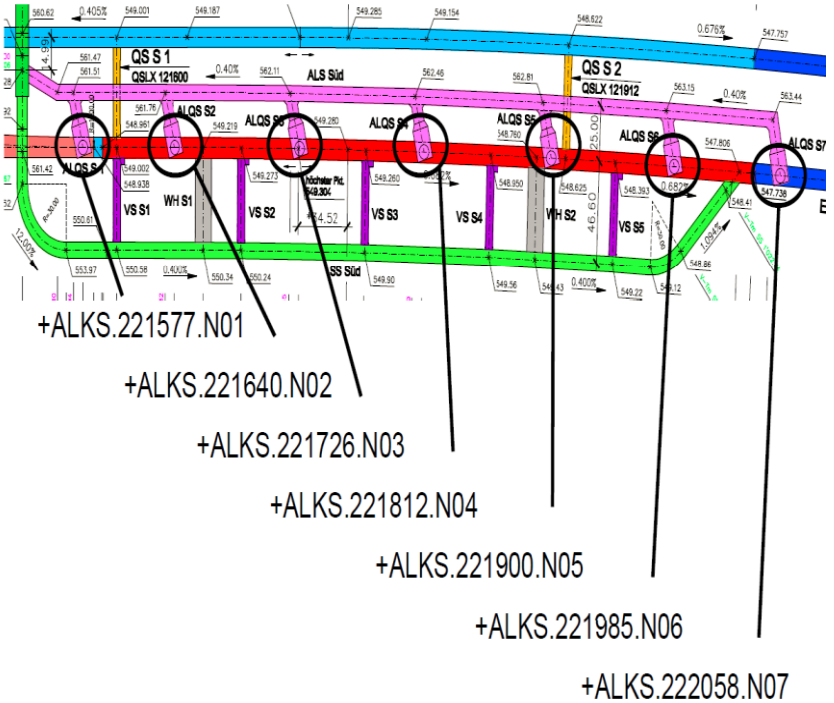
Porte della fermata di emergenza della MFS di Sedrun, con funzione anche di immissione dell'aria all'interno delle canne di corsa dei treni:

c6.6) Sistema di espulsione dell'aria

In ogni stazione multifunzionale vi sono due canali per l'espulsione dell'aria (uno per la canna Est ed uno per quella Ovest). Ogni canale ha 7 bocche di aspirazione sulla calotta della canna

→ in ogni MFS ci sono 14 bocche di aspirazione





Bocche di aspirazione

c6.7) Ventilatori

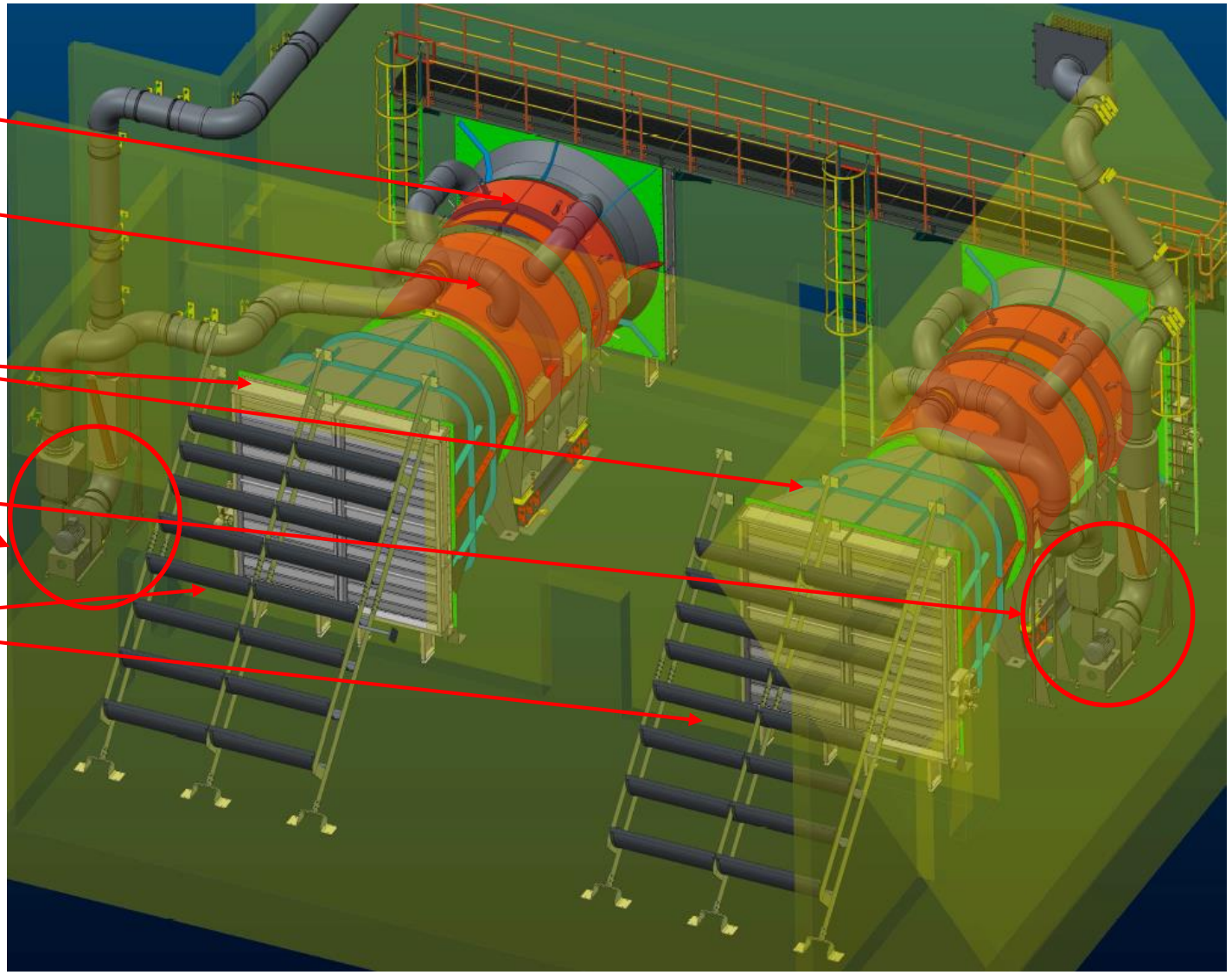
Rotore

Motore

Oleatori

Impianto
di raffreddamento
dei motori

Clappe di
ventilazione



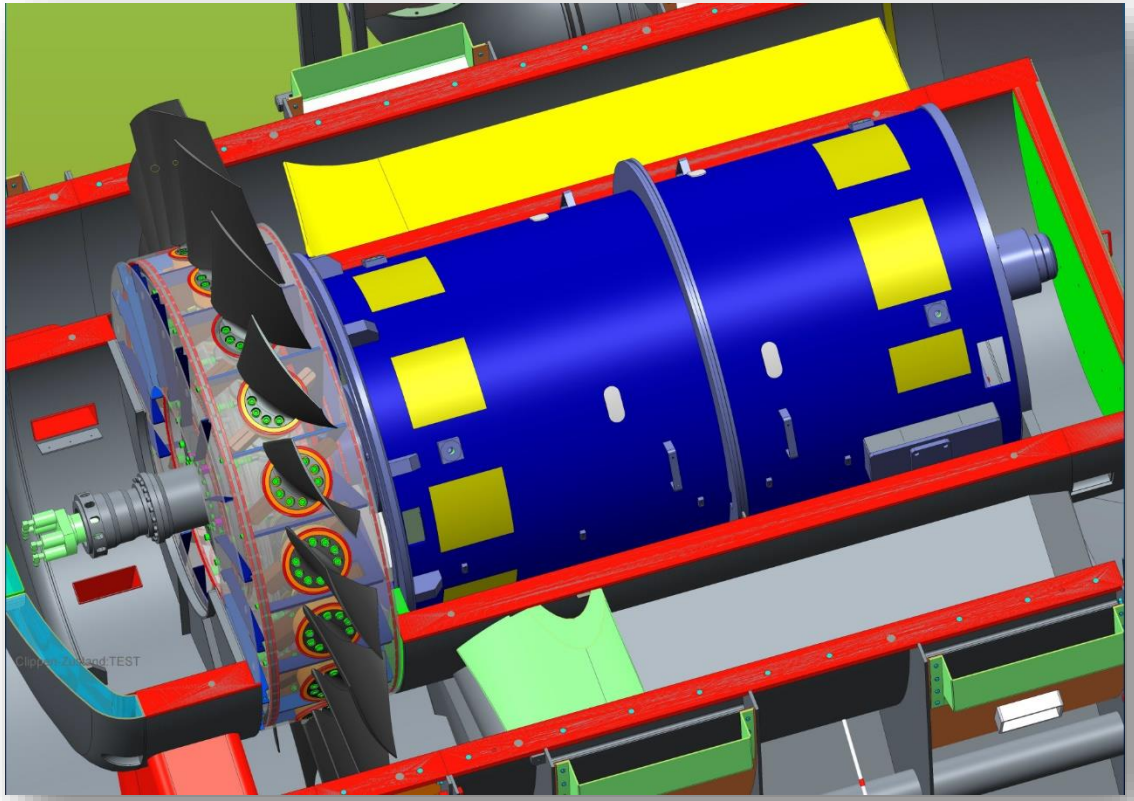
1. <u>Ventilatori nelle MFS (Faido e Sedrun)</u>

Per ogni stazione multifunzionale sono presenti:

- 2 Ventilatori di aspirazione, potenza nomilate 1.5 MW;
- 2 Ventilatori di espulsione, potenza nominale 2.4 MW.

Altre caratteristiche:

- I ventilatori sono progettati per resistere fino a 400 °C per 2 ore;
- Numero nominale di giri al minuto: 1000 (massimo: 1050).

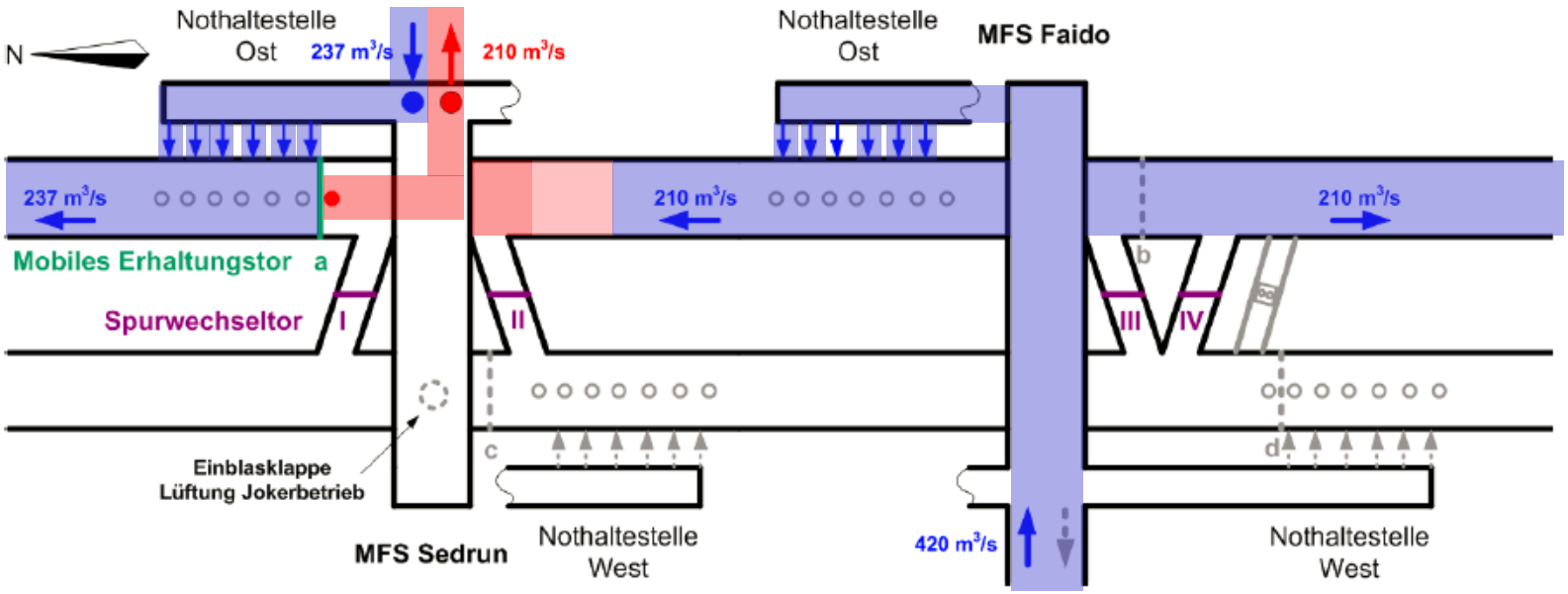


2. Ventilatori assiali:

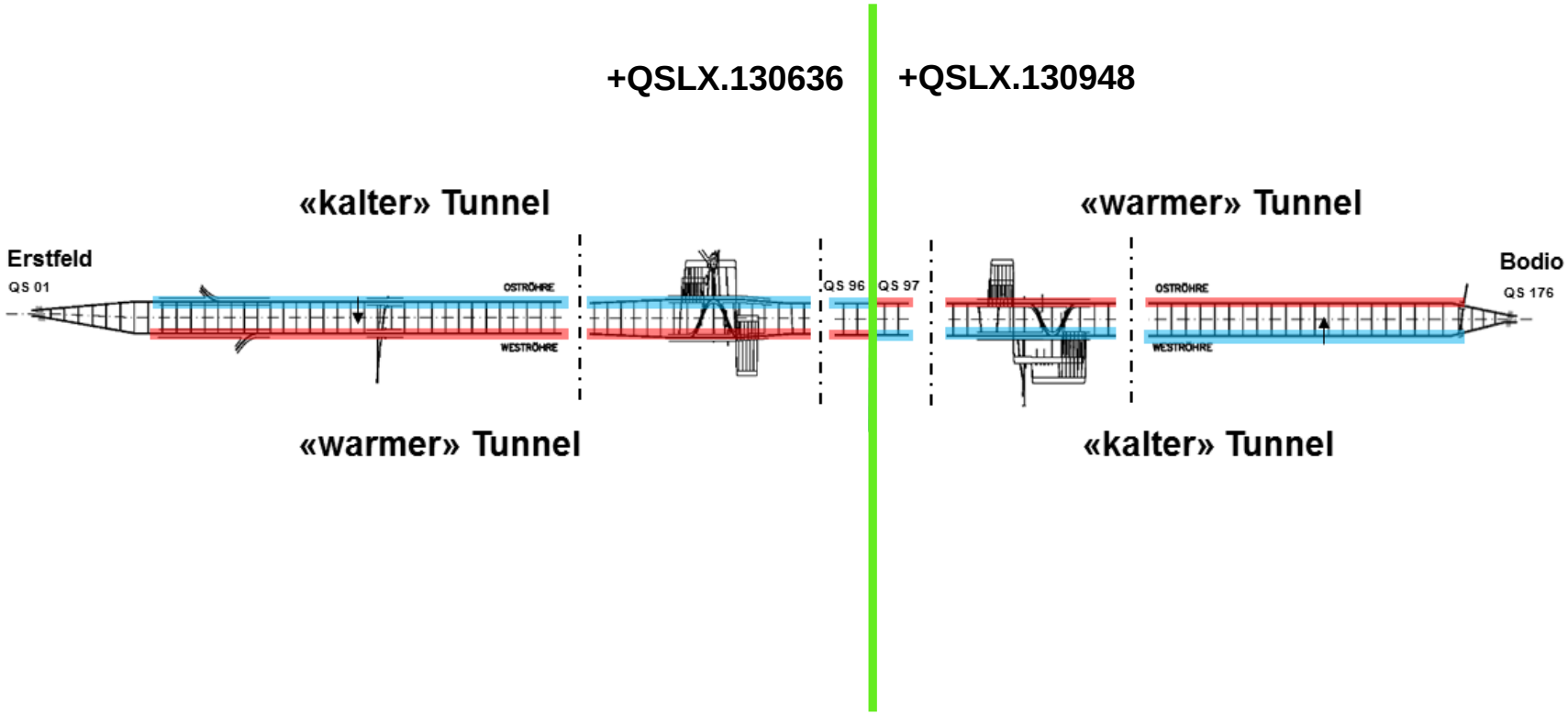
Sono presenti in ogni canna presso i portali nord e sud (6 per ogni portale, 24 in totale

c6.8) Esempio di scenario di ventilazione (Manutenzione regolare, canna est)

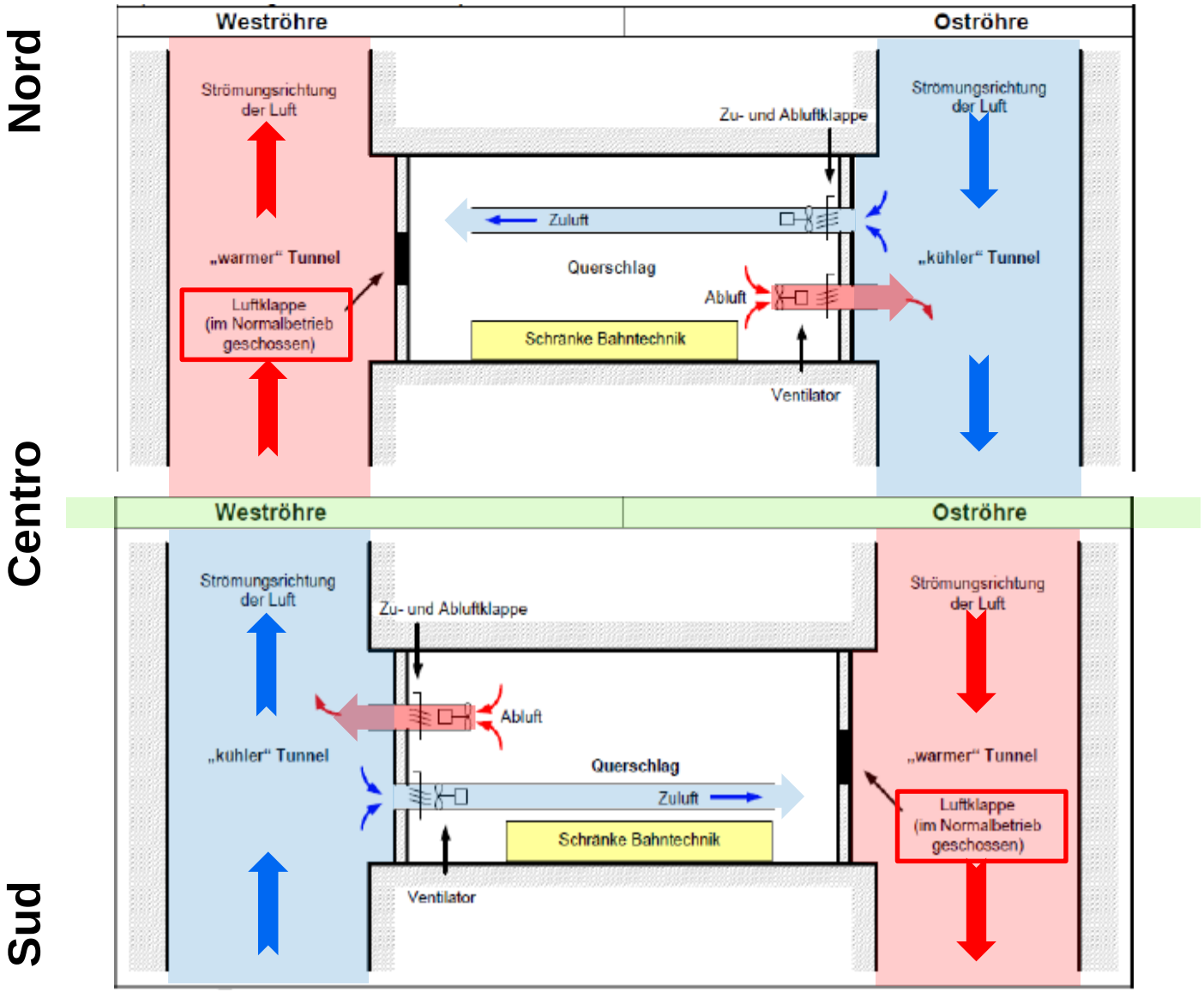
Erhaltungsstrategie C_EHB_RO1: Regelerhaltung Oströhre



c6.9) Principio di raffrescamento dei cunicoli trasversali



Immissione ed espulsione dell'aria nei cunicoli trasversali



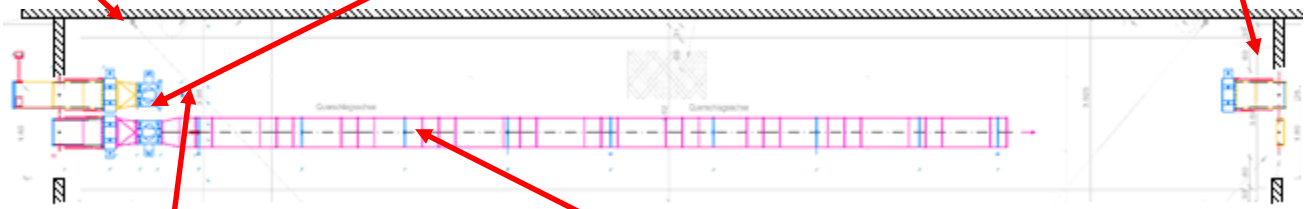
Componentistica di ventilazione presente nei cunicoli trasversali

Armadio di controllo

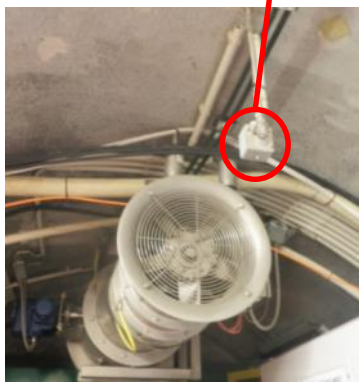
Ventilatore
Immissione/espulsione

Clappe

Lato «fresco»



Lato «caldo»



Rilevatore di temperatura

Condotta d'aerazione
(immissione)

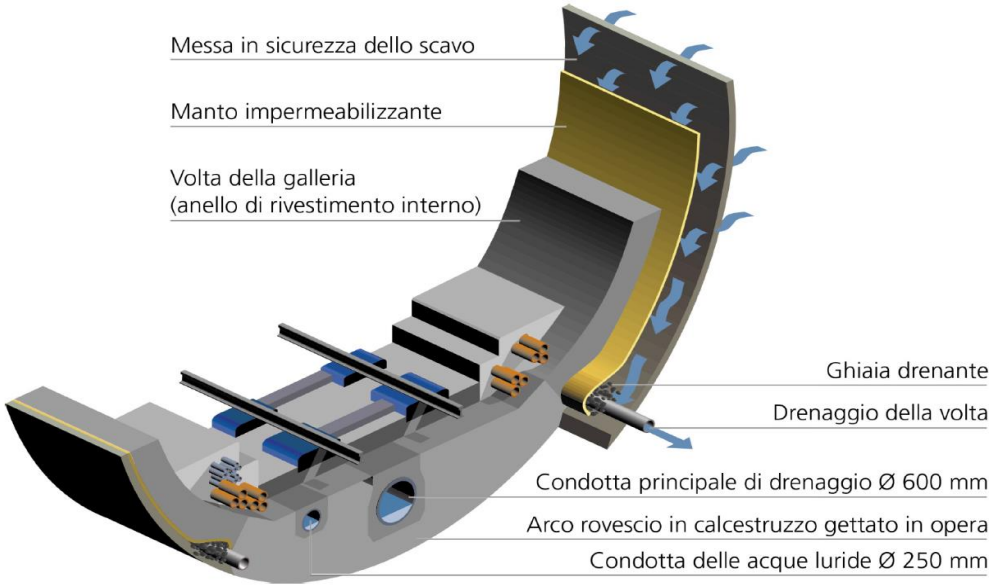
c) Principali elementi dell’asset infrastrutturale:

c7) Impianti di raccolta e di smaltimento delle acque

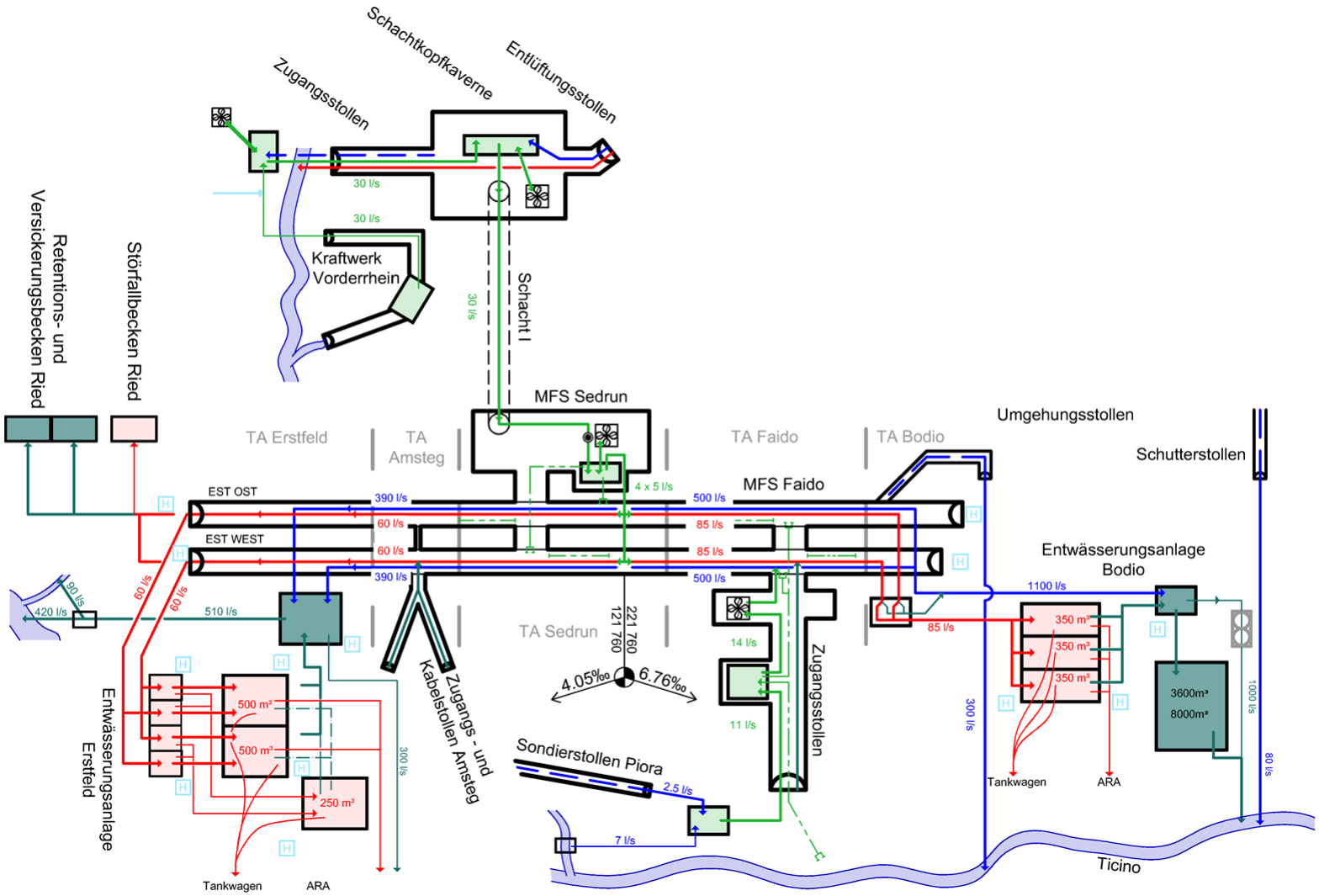
c7.1) Generalità:

La Galleria dispone di un sistema «separato» di raccolta delle acque:

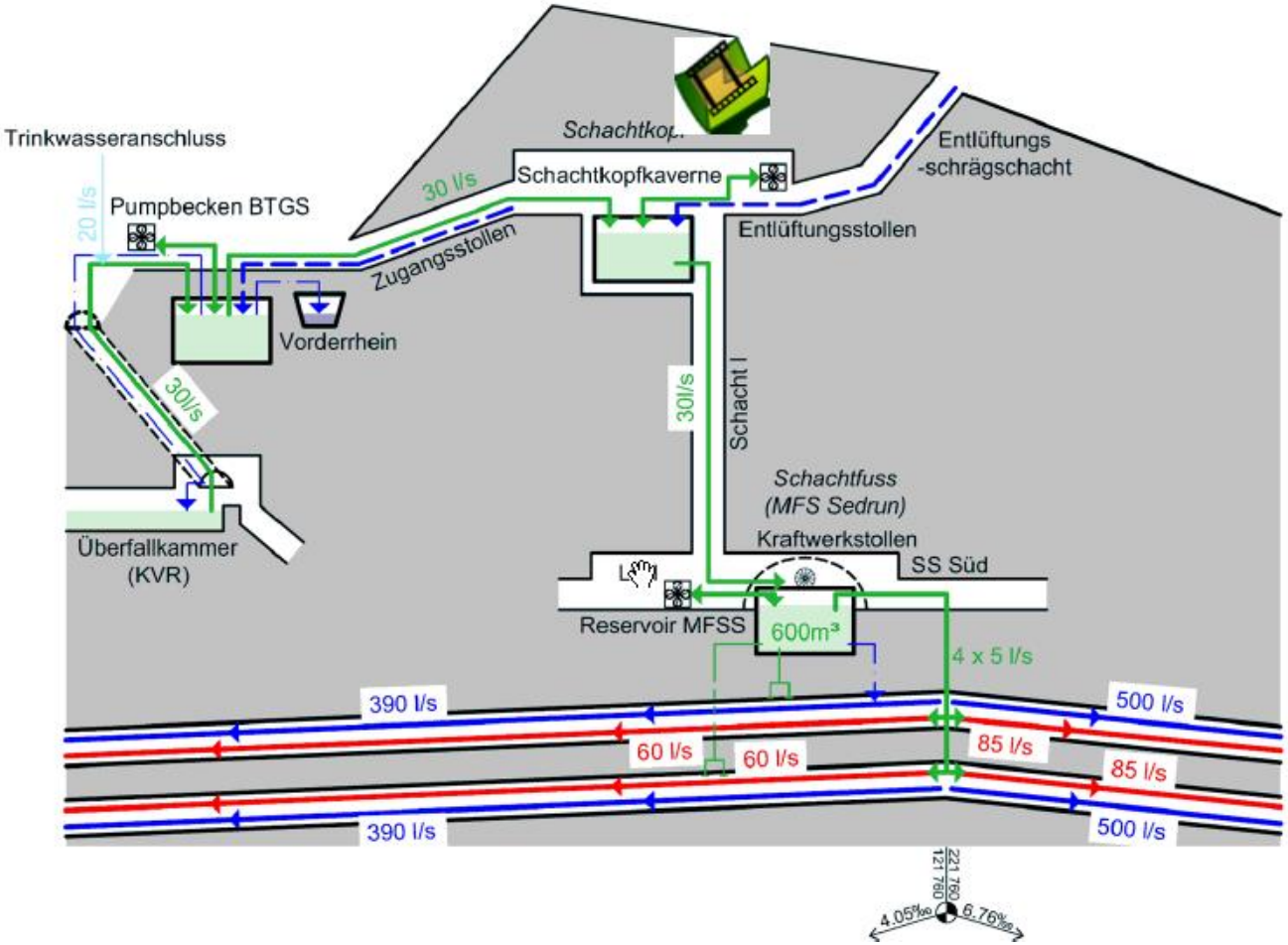
- Acque di montagna: 3 condotte per canna
  (2 di raccolta alla base del piedritto, 1 di principale di smaltimento);
- Acque luride: 1 condotta per canna
  (percorsa perennemente da acqua pulita con portata almeno 5 l/s).



c7.2) Schema funzionale



c7.2) Schema funzionale

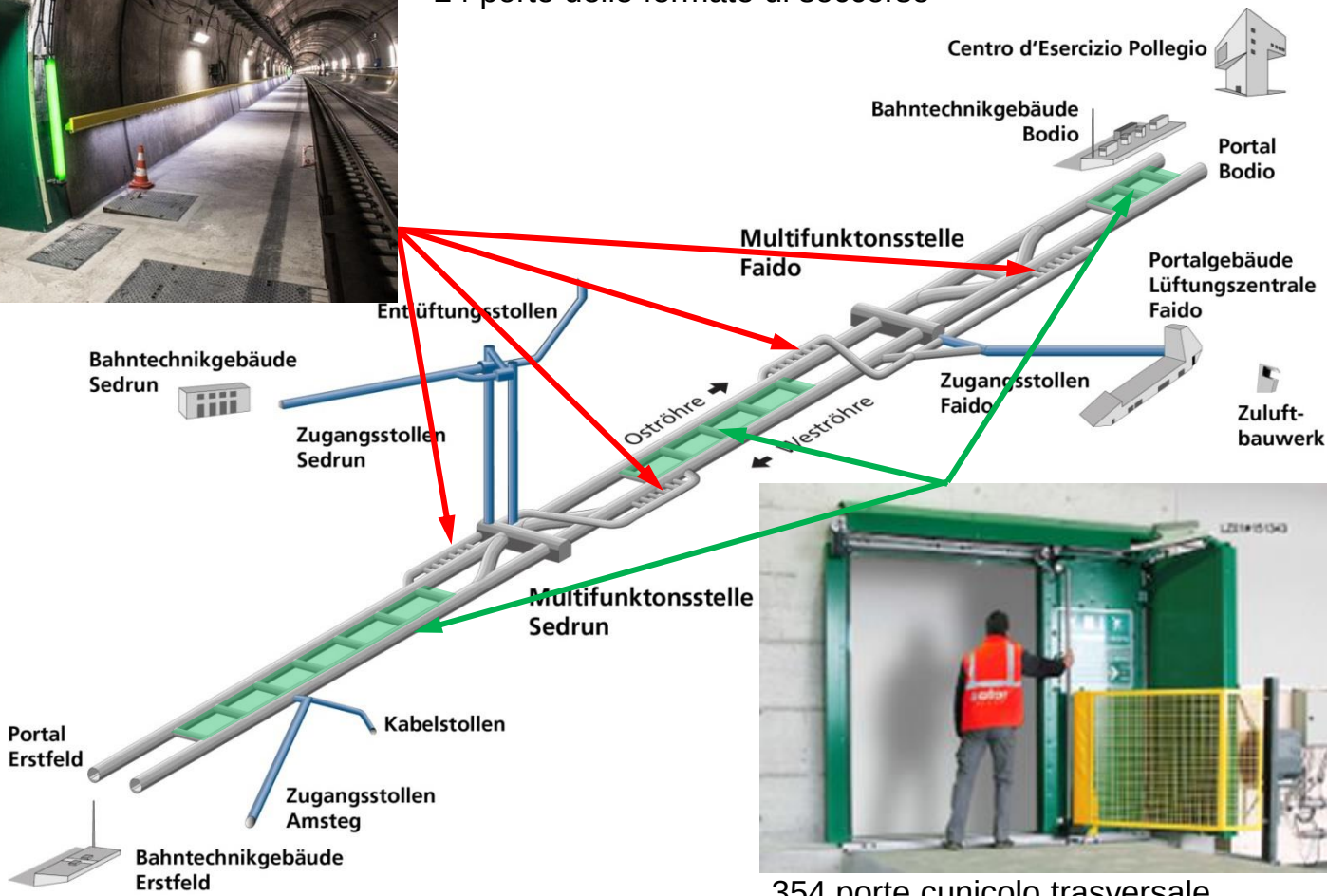


c) Principali elementi dell'asset infrastrutturale:

c8) Porte e portoni

c8.1) Porte

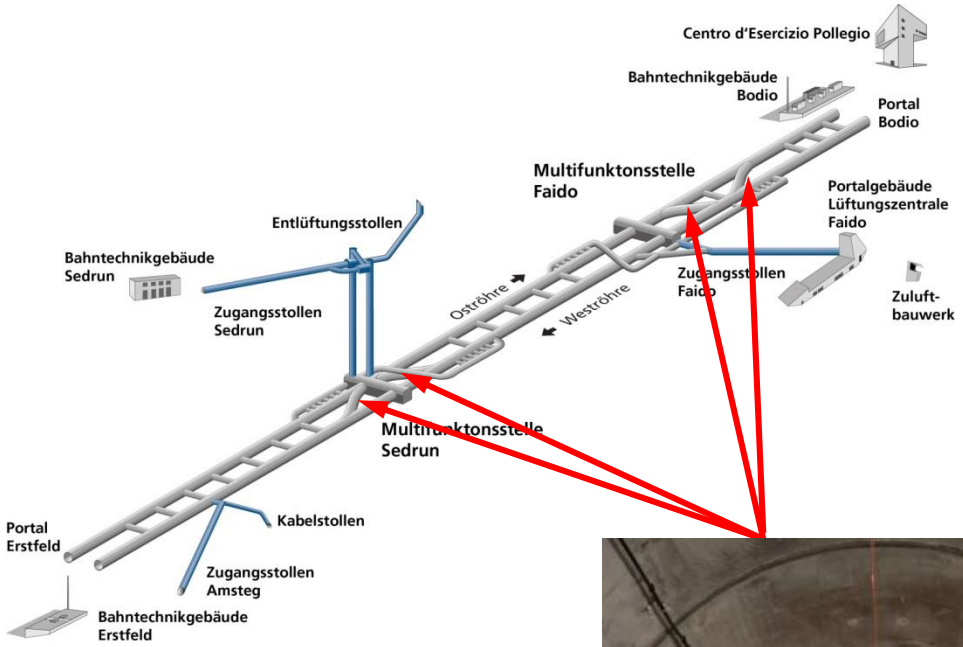
24 porte delle fermate di soccorso



354 porte cunicolo trasversale

c8.2) Portoni

Sono di norma chiusi. Vengono aperti solo in caso di manutenzione o di incidente.



c8.3) Particolarità: Finestre di Amsteg, Sedrun e galleria modello di Amsteg

Finestra di Sedrun

Finestra di Amsteg

Galleria modello di Amsteg
Utilizzata per la formazione di base e per ricevere visitatori

SBB CFF FFS

Domande?

SBB CFF FFS

Bibliografia:

- La nuova ferrovia transalpina sull'asse del San Gottardo, La Tecnica professionale n. 10, ottobre 2016 (M. Corradini, A . Frabetti);
- FFS, Documentazione per la formazione di base GBT;
- Ufficio Federale dei Trasporti, La politica svizzera dei trasporti, 24.05.2016;
- SBB, Sicherungsanlagen ETCS L2 Gotthardbasislinie GBL, Logistik und Umbaukonzept für IBN März 2018;
- SBB, Technische Bedingungen der Strecke und Anforderungen an das Rollmaterial, 05.12.2016;
- Standbericht der Beratungsgruppe für Gestaltung (BGG) per Ende 2016, LZ-556982, März 2017;
- The History of the Gotthard Railway, M. Hardy-Randall, 1997;
- Mediateca AlpTransit SA;
- Immagini dai seguenti siti internet:
  - www.swissinfo.ch;
  - www.lokifahrer.ch;
  - www.transtecgotthard.ch;
  - www.blick.ch;
  - www.pinterest.de.

Contatto:

Marco Corradini
Responsabile Produzione Gottardo-Ceneri

SBB CFF FFS
I-AT-GLCM-GOT-PGC
Infrastruttura – Impresa Generale Gottardo

Via alla Centrale, 16 CH-6710 Biasca / Lindenstrasse, 15 CH-6472 Erstfeld
Skype: +41 79 621 38 20
Mobile: +41 79 621 38 20
marco.corradini@ffs.ch / www.ffs.ch

Grazie per la Vostra attenzione