



## Nodo AlpTransit di Camorino: la traslazione dell'impalcato nord del nuovo cavalcavia sull'autostrada A2

### *AlpTransit's Camorino Junction: moving the north deck of the new railway bridge over the A2 motorway*

Marco CORRADINI<sup>(\*)</sup>  
Lucio MAGGINI<sup>(\*\*)</sup>  
Matteo Maria MONTINI<sup>(\*\*\*)</sup>  
Marco SIGNORELLI<sup>(\*\*\*\*)</sup>

**Sommario** - Gli interventi di potenziamento finalizzati alla realizzazione del nodo ferroviario di Camorino, ubicato al portale nord della Galleria di base del Ceneri, sono risultati estremamente complessi sia dal punto di vista pianificatorio che costruttivo a causa dell'interferenza delle attività esecutive con importanti infrastrutture di trasporto in esercizio, come la linea ferroviaria Bellinzona-Locarno e l'autostrada A2 Basilea-Chiasso. Tra i numerosi interventi previsti, la realizzazione del nuovo cavalcavia sull'autostrada A2 è stata senza dubbio, per i motivi citati, una delle più impegnative.

Per ottimizzare le attività di realizzazione di tale manufatto, la cui particolarità esecutiva risiede nel fatto che l'impalcato nord è stato costruito in posizione provvisoria e successivamente traslato in quella definitiva (dopo aver demolito il vecchio ponte), è stata condotta una dettagliata attività di pianificazione con l'obiettivo di identificare, con tutti gli *stakeholder*, le principali criticità del progetto e individuare le migliori soluzioni atte a mitigare gli influssi negativi sulle infrastrutture ferroviarie e autostradali coinvolte, direttamente e indirettamente, nei lavori. Allo scopo, dapprima sono state individuate le macrofasi esecutive del progetto e, sulla base di queste, sono state definite le soluzioni migliori per quanto riguarda la scelta dei mezzi d'opera da impiegare nella demolizione del vecchio ponte, la strategia di demolizione e traslazione e la gestio-

**Summary** - The upgrading works to develop the Camorino railway junction at the north portal of the Ceneri Base Tunnel proved extremely complex in terms of planning and construction given how they interfered with major operational transport infrastructures such as the Bellinzona-Locarno railway line and the A2 Basel-Chiasso motorway. One of the most demanding of the many activities that were planned was therefore undoubtedly the construction of the new railway bridge over the A2 motorway.

To optimise the operations required to build this structure, whose north deck was constructed in a temporary location and then moved to its final site (after demolishing the old bridge), detailed planning was carried out. This involved all stakeholders and sought to identify the main critical issues of the project and define the best solutions to mitigate any negative effects on the rail and motorway infrastructures involved either directly or indirectly in the works. To this end, the macrophases of the project first had to be identified. Then, on the basis of these, the best solutions were defined for the choice of equipment to demolish the old bridge, the demolition and moving strategy, and the management of traffic and railway installations in operation. The presence of a 15 kV transmission line above the old bridge that was to be demolished meant that the use of mechanical lifting machinery was actually considerably limited. At the same time, the suspension of all train ser-

<sup>(\*)</sup> Ferrovie Federali Svizzere SA – Divisione Infrastruttura – Impresa Generale Gottardo.

<sup>(\*\*)</sup> Ferrovie Federali Svizzere SA – Divisione Infrastruttura – Pianificazione rete e orario.

<sup>(\*\*\*)</sup> Ferrovie Federali Svizzere SA – Divisione Infrastruttura – Pianificazione e gestione della rete.

<sup>(\*\*\*\*)</sup> Ferrovie Federali Svizzere SA – Divisione Infrastruttura – Sorveglianza.

<sup>(\*)</sup> Ferrovie Federali Svizzere SA - Infrastructure Division – Gotthard Maintenance.

<sup>(\*\*)</sup> Ferrovie Federali Svizzere SA - Infrastructure Division – Network and Transport Timetable.

<sup>(\*\*\*)</sup> Ferrovie Federali Svizzere SA - Infrastructure Division – Rail Network Plan and Management.

<sup>(\*\*\*\*)</sup> Ferrovie Federali Svizzere SA - Infrastructure Division – Surveillance.

ne del traffico e degli impianti ferroviari in esercizio. Infatti, la presenza di una importante linea elettrica di trasporto a 15 kV, che sovrastava il vecchio ponte da demolire, limitava fortemente l'impiego di mezzi meccanici di sollevamento mentre l'interruzione totale di 41 ore continuative del traffico ferroviario, necessaria a traslare l'impalcato nord del nuovo cavalcavia, ha comportato sia un dirottamento del traffico merci transalpino verso l'asse ferroviario del Sempione sia, per quanto riguarda invece il traffico passeggeri, la predisposizione di un autoservizio sostitutivo atto a garantire la continuità del trasporto su una direttrice di notevole importanza regionale e nazionale. Gli approfondimenti condotti hanno permesso di elaborare una pianificazione degli interventi stabile e affidabile tramite la quale è stato possibile raggiungere gli obiettivi di progetto predefiniti e nei tempi prestabiliti.

L'articolo descrive, dapprima, le analisi di pianificazione e le principali scelte progettuali adottate. Successivamente, vengono illustrate le fasi esecutive di traslazione dell'impalcato nord del nuovo cavalcavia sull'autostrada A2. Infine, si presenta una valutazione generale degli interventi eseguiti.

## 1. Introduzione

La Nuova Ferrovia Transalpina (NFTA) è parte del progetto di potenziamento infrastrutturale della linea ferroviaria Basilea-Chiasso che consente, in territorio elvetico, un collegamento ferroviario più diretto e veloce tra Germania e Italia. Tale progetto comprende numerosi interventi di adeguamento e di nuova realizzazione infrastrutturale, al quale appartengono la Galleria di base del San Gottardo (≈57,0 km) e la Galleria di base del Ceneri (≈15,4 km), terza galleria ferroviaria svizzera per lunghezza dopo quelle di base del San Gottardo e del Lötschberg (≈34,5 km) (Fig. 1).

La Galleria di base del Ceneri, dal punto di vista funzionale, è una galleria ferroviaria a due canne a binario unico (Fig. 2). Il tracciato, percorribile dai treni passeggeri fino alla velocità di 250 km/h e dai treni merci fino alla velocità di 160 km/h, si estende dal portale nord di Vigana (presso Bellinzona) al portale sud di Vezia (presso Lugano) connettendosi alla rete ferroviaria esistente, a nord, in prossimità della stazione di Giubiasco (sfruttando i numerosi manufatti realizzati nel nodo ferroviario di Camorino) e, a sud, in località Vezia (mediante un bivio a raso posto ≈2 km a nord dalla stazione di Lugano).

La messa in esercizio commerciale della Galleria di base del Ceneri è prevista entro la fine del 2020 con il cambio d'orario di dicembre.

Per quanto riguarda l'avanzamento delle fasi esecutive dell'opera, il 21 gennaio 2016 è avvenuta la caduta del diaframma principale nella canna ovest, ≈700 m a sud dal portale settentrionale di Vigana.

Successivamente si è proceduto a completare i lavori di rivestimento delle canne e dei cunicoli trasversali di

vices for 41 hours that was necessary in order to move the north deck of the new railway bridge required rerouting transalpine goods traffic along the Simplon corridor and – putting on a replacement bus service for passengers in order to provide continuous transport over a very important regional and national route. Based on the research conducted, a solid, reliable plan was drafted to achieve the pre-defined objectives within the pre-established timeframe.

This article describes the planning analyses and main design choices involved before illustrating the phases involved in moving the north deck of the new railway bridge over the A2 motorway. Finally, it provides a general assessment of the operation.

## 1. Introduction

The New Rail Link through the Alps (NRLA) is part of the infrastructure's upgrade project of the Basel-Chiasso railway line to provide a faster and more direct link between Germany and Italy through Switzerland. This project includes numerous works to modernise and build new infrastructure including the Gotthard Base Tunnel (≈57 km) and Ceneri Base Tunnel (≈15.4 km), the third longest railway tunnel in Switzerland after the Gotthard and Lötschberg tunnels (≈34.5 km) (Fig. 1).

The Ceneri Base Tunnel consists of two single-track tunnels (Fig. 2). The route can be traversed by passenger trains travelling at speeds of up to 250 km/h and goods trains at up to 160 km/h and extends from the north portal of Vigana (at Bellinzona) to the south portal of Vezia (at Lugano). It connects to the existing network to the north close to Giubiasco station (benefiting from the many installations built at the Camorino rail junction) and to the south in Vezia (via a flat junction ≈2 km north of Lugano station).

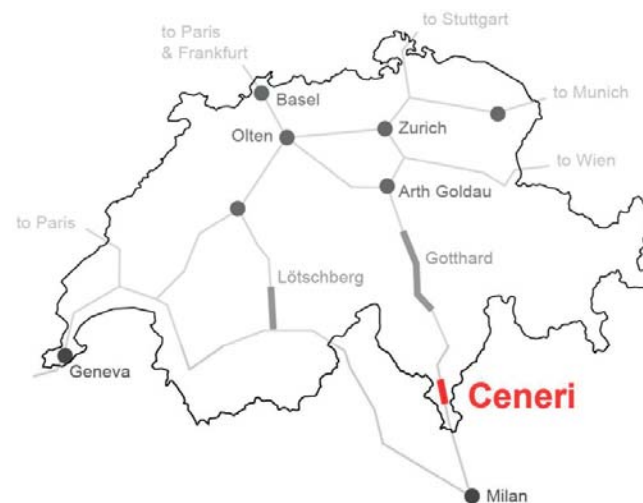
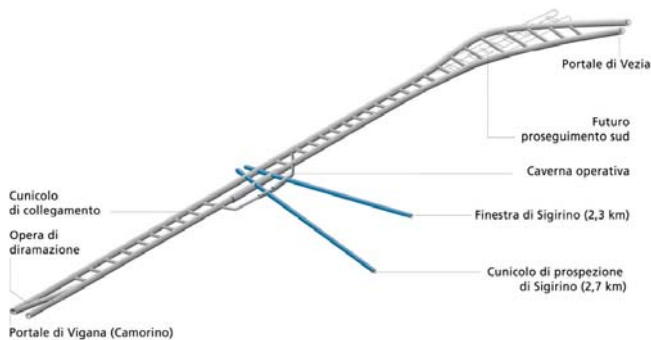


Fig. 1 - Inquadramento geografico della Galleria di base del Ceneri (in rosso).

Fig. 1 - Geographic location of the Ceneri Base Tunnel (in red).



(Fonte - Source: AlpTransit SA)

Fig. 2 - Schema infrastrutturale della galleria di base del Ceneri.

Fig. 2 - Infrastructure layout of the Ceneri Base Tunnel.

collegamento (posti ogni  $\approx 325$  m di distanza): tali lavorazioni si sono concluse nel febbraio 2017.

Nel luglio 2017, dopo l'ultimazione delle banchine e la conclusione dei lavori di finitura e delle verifiche tecniche necessarie a livello contrattuale e normativo, il cantiere è stato consegnato all'imprenditore incaricato della realizzazione della tecnica ferroviaria per permettere la costruzione dell'armamento ferroviario (Figg. 3, 4, 5 e 6), la realizzazione della linea di contatto (tramite rotaia rigida in volta), degli impianti di alimentazione elettrica, di telecomunicazione e di sicurezza della circolazione ferroviaria.

L'intera base logistica per le lavorazioni della tecnica ferroviaria è situata presso il nodo ferroviario di Camorino, dove è stato realizzato un adeguato piazzale operativo: esso si sviluppa su di un'area di  $\approx 60'000$  m<sup>2</sup> sulla quale sono stati allestiti centrali di comando, capannoni, officine e uffici.

Le opere civili presenti nel nodo ferroviario di Camorino, concluse nel 2016, risultano essere fondamentali per l'esecuzione delle fasi di lavorazione della tecnica ferroviaria: infatti, senza il parziale completamento di tali opere non sarebbe stato possibile avviare il cantiere principale di costruzione della tecnica ferroviaria della galleria.

Il completamento dei lavori di armamento e tecnologici è previsto nei primi mesi del 2020. Dalla primavera dello stesso anno è previsto anche l'avvio dell'esercizio di test, coordinato da AlpTransit, con il quale verrà verificata la complessa funzionalità di tutti gli elementi installati all'interno della galleria.

Successivamente avrà luogo, a carico principalmente dalle Ferrovie Federali Svizzere, l'esercizio di prova, di carattere prettamente operativo nell'ambito della circolazione ferroviaria.

## 2. Programmazione generale degli interventi infrastrutturali nel Nodo di Camorino

Il nodo ferroviario di Camorino garantisce l'accesso al portale nord della Galleria di base del Ceneri e, dal punto

The Ceneri Base Tunnel is expected to be commercially operational by late 2020 to coincide with when the timetables change (December).

Work progressed in stages, with the main breakthrough being made in the west tube on 21 January 2016,  $\approx 700$  m south of the north portal of Vigana.

The intersections (every  $\approx 325$  m) and tubes then had to be lined, and this work was completed in February 2017.

After finalising the platforms and completing the finishing works and technical checks required to comply with contractual and legislative provisions, the project was handed over to the Rail Technology Contractor in July 2017 so that the railway superstructure could be built (Figs. 3, 4, 5 and 6) and the overhead line installed (rigid track) along with the electric power, telecommunications and safety installations required for rail operations.

The entire logistics for the railway technology works is located at the Camorino railway junction, where a suitable operating platform has been built: this covers an area of  $\approx 60,000$  m<sup>2</sup> and is equipped with control stations, sheds, workshops and offices.

The civil engineering structures at the Camorino railway junction were completed in 2016 and are crucial for carrying out the railway technology works. In fact, had these works not been at least partially completed, it would not have been possible to begin the main railway technology construction project of the tunnel.

The rail track and technological works are expected to be completed in early 2020. Testing is also due to start in the spring of that year, coordinated by AlpTransit, when the complex functionalities of all the elements installed in the tunnel will be checked.



(Fonte - Source: AlpTransit SA)

Fig. 3 - Treno per la costruzione della sovrastruttura ferroviaria rigida, particolare del satellite di trasporto delle traverse biblocco.

Fig. 3 - Train used to construct the rigid railway superstructure, part of the satellite for transporting the twin-block sleepers.





(Fonte - Source: AlpTransit SA)

Fig. 4 - Carro gommato a cavaliere per il posizionamento delle rotaie.

*Fig. 4 - Straddle-wheeled truck for positioning the tracks.*

di vista funzionale, può essere schematizzato in una rete a forma triangolare (Fig. 7). Esso costituisce uno degli snodi fondamentali del sistema ferroviario svizzero, sia a livello cantonale che federale, in quanto permetterà un aumento della capacità della rete e dell'offerta di trasporto consentendo ai treni provenienti da Chiasso e Lugano di proseguire sia verso est (ovvero verso Bellinzona) ma, soprattutto, verso ovest (ovvero verso Locarno e Ranzo Confine-Luino), instradamento fino ad oggi non possibile direttamente.

La realizzazione del nodo prevede l'attuazione di numerosi interventi infrastrutturali: uno dei più importanti è il nuovo cavalcavia sull'autostrada A2.

Tale manufatto, a quattro binari, con lunghezza di  $\approx 105,0$  m e larghezza variabile da 24,0 m a 28,0 m, orientato di sbieco rispetto all'autostrada con un angolo tra i rispettivi assi pari a  $\approx 53^\circ$ , ha sostituito il vecchio ponte.

Strutturalmente, si tratta di un'opera in conglomerato cementizio armato tradizionale e precompresso costituita da due impalcati che ospiteranno i binari della linea esistente (sull'impalcato nord) e quelli della nuova linea Alp-Transit (sull'impalcato sud) (Fig. 8).

L'obiettivo fondamentale posto alla base dell'attuazione degli interventi di adeguamento e potenziamento infrastrutturale del nodo di Camorino è la minimizzazione del disturbo della circolazione ferroviaria e autostradale arrecato dall'esecuzione di tali interventi.

Con la sola esclusione della traslazione dell'impalcato nord del nuovo cavalcavia (che ha comportato un'interruzione totale di 41 ore continuative dell'esercizio ferroviario sulla linea Bellinzona-Locarno), tutti i lavori sono stati svolti in concomitanza all'esercizio ferroviario e autostradale.

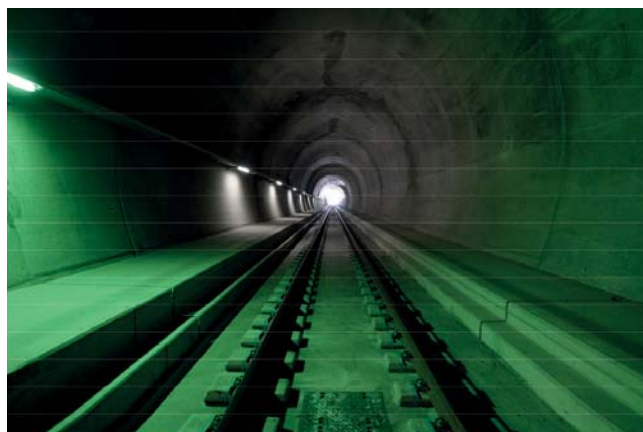
Questo obiettivo è stato raggiunto tramite una dettagliata pianificazione delle fasi esecutive degli interventi, ovvero progettando la realizzazione dei manufatti e delle



(Fonte - Source: AlpTransit SA)

Fig. 5 - Livellamento del conglomerato cementizio (non armato). Il conglomerato cementizio è necessario per il fissaggio piano-altimetrico delle traverse biblocco secondo le tolleranze di progetto della sovrastruttura rigida.

*Fig. 5 - Levelling (non-reinforced) concrete blocks. Concrete blocks are required to secure the twin-block sleepers planimetrically in accordance with the project tolerances of the ballastless track.*



(Fonte - Source: AlpTransit SA)

Fig. 6 - La sovrastruttura rigida a lavori ultimati, realizzata in base alla tecnologia LVT-HA (Low Vibration Track, peso assiale fino a 25 t/asse) della Vigier Rail.

*Fig. 6 - The completed ballastless track, built using Vigier Rail's LVT-HA technology (Low Vibration Track - High Attenuation, axial weight up to 25 t/axle).*

Swiss Federal Railways will then assume principal responsibility for operational testing with regard to the railway traffic.

## 2. General programming of the infrastructure operations at the Camorino Junction

The Camorino railway junction provides access to the north portal of the Ceneri Base Tunnel and can be illustrated as a triangular net in terms of its functionality (Fig. 7).



(Fonte - Source: AlpTransit SA)

Fig. 7 - Rendering del Nodo di Camorino.

*Fig. 7 - Rendering of Camorino Junction.*

opere d'arte della nuova linea AlpTransit in affiancamento alla linea in esercizio Bellinzona-Locarno e, con parziali e progressivi spostamenti provvisori di quest'ultima sui nuovi manufatti della linea AlpTransit nel frattempo realizzati, si sono potuti costruire i manufatti restanti sulla sede ferroviaria liberata della linea esistente, minimizzando, quindi, le ripercussioni sull'esercizio ferroviario.

### **3. Quadro di riferimento di progetto e analisi delle principali problematiche individuate per la traslazione del cavalcavia A2**

Come indicato nel § 2., l'intervento più impegnativo da realizzare, a causa delle forti interferenze con l'esercizio ferroviario e autostradale, è stato lo spostamento della linea ferroviaria FFS Nr. 630 - Bellinzona-Locarno dalla propria sede a quella provvisoria sul nuovo impalcato nord del cavalcavia sull'autostrada A2 (durata fase: ca. 12 mesi) e la successiva traslazione dell'impalcato in questione nella sua sede definitiva (infatti, il manufatto era stato costruito provvisoriamente in adiacenza alla linea ferroviaria esistente Nr. 630 - lato sud) [1].

#### *a. Partner di progetto*

Tutti gli interventi di potenziamento del nodo di Camorino sono stati progettati e diretti dalla società AlpTransit, la quale ha ricevuto lo specifico mandato dalla Confederazione svizzera (per il tramite dell'Ufficio Federale dei Trasporti - UFT) di realizzare la Nuova Trasversale Ferroviaria Alpina (NTFA) (programma di progetti nel quale rientra anche la realizzazione della Galleria di base del Ceneri e delle relative connessioni alla rete esistente - nodi ferroviari di Vezia e Camorino). Dal punto di vista progettuale ed esecutivo, i lavori di potenziamento in questione hanno numerose interfacce con importanti infrastrutture di trasporto in esercizio, ovvero con la linea ferroviaria FFS Nr. 630 - Bellinzona-Locarno e con l'autostrada A2 Basilea-Chiasso. Le infrastrutture menziona-

*It is one of the most important junctions on the Swiss rail system, both for the canton and at federal level, as it will enable an increased network capacity and transport services and will allow trains from Chiasso and Lugano to continue eastward (towards Bellinzona) and, most importantly, westward (towards Locarno and Ranzo Confinelino), a route not currently served by any direct trains.*

*This four-track structure which has replaced the old bridge, is  $\approx 105$  m long and between 24 m and 28 m wide and has been constructed on an incline with respect to the motorway with a  $\approx 53^\circ$  angle between the respective axes.*

*It is a conventional reinforced prestressed concrete block structure with two decks for the tracks of the existing line (on the north deck) and those of the new AlpTransit line (on the south deck) (Fig. 8).*

*The fundamental aim of the work done to modernise and upgrade the Camorino junction infrastructure was to minimise the disruption to road and rail traffic caused by these operations being carried out.*

*Except for the period during which the north deck of the new bridge was moved (involving the suspension of all train services on the Bellinzona- Locarno line for 41 hours), all works were carried out whilst the railway and motorway were kept open.*

*This objective was achieved by planning the various operational phases in great detail, i.e. by planning the construction of the installations and facilities of the new AlpTransit line alongside the operational Bellinzona- Locarno line. Moving this line partially and gradually onto the new*



(Fonte - Source: M. CORRADINI)

*Fig. 8 - Sovrastruttura ferroviaria sul nuovo cavalcavia a quattro binari di scavalco dell'autostrada A2: i due binari sulla destra, in esercizio dal 12.03.2013, sono a servizio della linea Nr 630 Bellinzona-Locarno; i due binari sulla sinistra, in costruzione, saranno a servizio della nuova linea veloce attraverso la Galleria di base del Ceneri.*

*Fig. 8 - Rail superstructure on the new four-track bridge over the A2 motorway: the two tracks on the right, in operation since 12 March 2013, serve the Bellinzona-Locarno line 630; the two on the left, currently under construction, will serve the new high-speed line through the Ceneri Base Tunnel.*



te sono gestite rispettivamente dalle Ferrovie Federali Svizzere (FFS) e dall'Ufficio federale delle strade (USTRA, ufficio afferente al Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni). La pianificazione e la direzione della maggior parte degli interventi infrastrutturali previsti e, in particolare, la realizzazione del nuovo cavalcavia sull'autostrada A2, hanno visto un intenso coordinamento tra AlpTransit, FFS ed USTRA per garantire il rispetto dei tempi esecutivi, della sicurezza, della continuità delle attività di cantiere e della circolazione ferroviaria e autostradale.

### b. Quadro logico di progetto

La pianificazione e la realizzazione del nuovo cavalcavia sull'autostrada A2 sono risultate molto complesse a causa dell'interferenza delle attività esecutive con l'esercizio della linea ferroviaria Bellinzona-Locarno e dell'autostrada A2. Infatti, si è dovuto procedere a:

- costruire l'impalcato nord del nuovo cavalcavia in adiacenza ad una linea ferroviaria e al di sopra di un'autostrada aperte al traffico;
- spostare la linea ferroviaria esistente dalla sua sede originaria alla sede provvisoria posta sull'impalcato nord del nuovo cavalcavia (posto nella sua posizione provvisoria);
- demolire il ponte esistente in adiacenza ad una linea ferroviaria in esercizio, al di sopra di un'autostrada aperta al traffico e con forti limitazioni nell'uso di mezzi di sollevamento a gru a causa della sovrastante linea elettrica Nr. 70L di alimentazione della linea ferroviaria Nr. 630 e Nr. 631 - Cadenazzo-Ranzo Confine-Luino;
- traslare l'impalcato nord al di sopra dell'autostrada A2 aperta al traffico (operazione impossibile da svolgere senza interrompere l'esercizio ferroviario della linea Bellinzona-Locarno);
- ripristinare il collegamento ferroviario Bellinzona-Locarno.

La Fig. 9 illustra le macrofasi principali degli interventi di traslazione dell'impalcato nord del nuovo cavalcavia e di demolizione del vecchio ponte, evidenziando le interferenze con l'esercizio di ferrovia, autostrada e linea elettrica 70L.

### c. Analisi delle problematiche

Di seguito viene svolta un'analisi delle problematiche rilevate in relazione alle interferenze esposte. Inoltre, in via preliminare, vengono presentati i provvedimenti di mitigazione che sono scaturiti.

#### Demolizione del ponte ferroviario sull'autostrada A2

Per consentire il completamento delle parti d'opera del nuovo manufatto necessarie all'attuazione della trasla-

*AlpTransit line installations as they were constructed enabled the remaining installations to be built on the site of the existing rail line as it was freed up, minimising the impact on rail services.*

### 3. Project frame of reference and analysis of the main problems identified in moving the A2 railway bridge

*As described in § 2., the most demanding task, because of its considerable interference with rail and motorway operations, was moving the SBB Bellinzona-Locarno rail line 630 from its position to a temporary site on the new north deck of the A2 motorway bridge (phase duration: approx. 12 months) and then moving the relevant deck to its final location (the structure was actually built provisionally alongside the existing railway line 630 on the south side).*

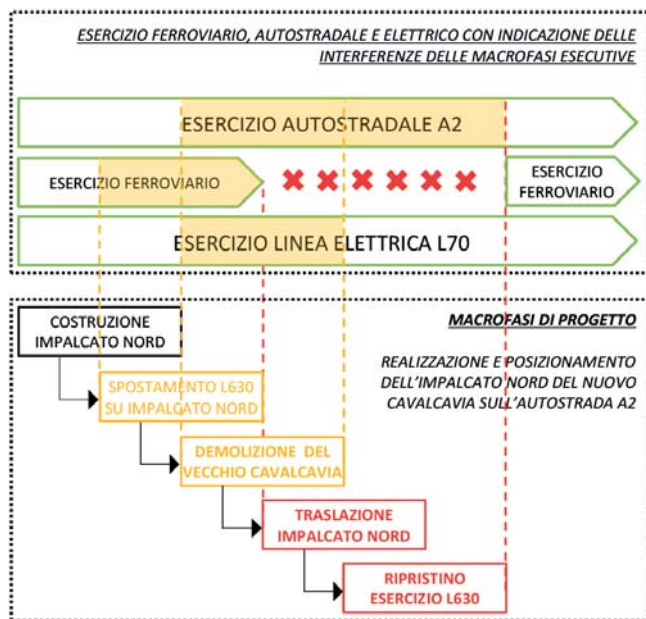
#### a. Project partners

*All operations to upgrade the Camorino junction were planned and managed by AlpTransit, which was given a specific mandate by the Swiss federal government (via the Federal Office of Transport) to construct the New Rail Link through the Alps (NRLA), a programme of projects including the construction of the Ceneri Base Tunnel and its connections to the existing network at the Vezia and Camorino railway junctions. In terms of planning and execution, the upgrade work in question has many interfaces with two major operational transport structures, the SBB Bellinzona-Locarno railway line 630 and the A2 Basel-Chiasso motorway. The first of these infrastructures is managed by Swiss Federal Railways (SBB) and the second by the Federal Roads Office FEDRO, which is part of the Federal Department of the Environment, Transport, Energy and Communications. Planning and managing most of the infrastructure operations envisaged and, in particular, the construction of the new railway bridge over the A2 motorway involved close co-ordination between AlpTransit, SBB and FEDRO to guarantee safety, adherence to deadlines and the continuity of activities on site as well as rail and motorway traffic.*

#### b. Logical framework of the project

*The planning and construction of the new railway bridge over the A2 motorway proved very complex given how the work interfered with operations on the Bellinzona-Locarno railway line and the A2 motorway. to the work required:*

- *building the north deck of the new railway bridge alongside a railway line and above a motorway, both of which remained open to traffic;*
- *shifting the existing railway line from its original position to a temporary site on the north deck of the new railway bridge (located in its temporary position);*



(Fonte - Source: FFS SA)

Fig. 9 - Quadro logico di riferimento del progetto con individuazione delle principali interferenze (x=blocco; ■ = interferenza).

Fig. 9 - Logical frame of reference of the project with identification of the main interferences (x=block; ■ = interference).

zione, si è preliminarmente dovuto procedere alla demolizione dell'esistente ponte ferroviario sull'autostrada A2.

Le alternative tecniche prese in esame per la demolizione del ponte sono state due:

- 1) brillamento del manufatto: questa soluzione avrebbe comportato l'interruzione di una notte (Sa/Do) del tratto di autostrada interessato e la deviazione della circolazione veicolare sulla rete stradale ordinaria opportunamente adeguata per evitare punti di conflitto dei diversi flussi e conseguenti rallentamenti, se non quelli causati dalla minor sezione della carreggiata stradale;
- 2) rimozione del ponte a conci: questa soluzione avrebbe comportato la preliminare puntellazione della struttura (necessaria in funzione della prevista alterazione dello schema statico nelle successive lavorazioni - il manufatto, costruito negli anni '60, era infatti costituito da due campate in cemento armato precompresso) e il conseguente taglio del ponte in conci secondo fasi di lavoro prestabilite e calibrate in funzione dei periodi di minor traffico autostradale, con sbarramento delle corsie autostradali poste al di sotto del tratto di campata in demolizione e deviazione provvisoria del percorso delle stesse (Fig. 10).

La prima soluzione, valutata come più efficiente ed economica, è stata scartata in quanto USTRA riteneva che, in caso di eventi accidentali, uno sconfinamento dei lavori al di fuori del periodo di morbida notturno indivi-

- demolishing the existing bridge alongside an operational railway line, above a motorway open to traffic and with considerable restrictions on the use of crane lifting equipment because of the overhead transmission line 70L powering the railway lines 630 and 631 (Cadenazzo-Ranzo Confine-Luino);
- moving the north deck over the A2 motorway while keeping it open to traffic (something that could not be done without suspending rail services on the Bellinzona-Locarno line);
- restoring the Bellinzona-Locarno rail link.

Fig. 9 shows the main macrophases of the operations involved in moving the north deck of the new railway bridge and demolishing the old one, highlighting their interference with rail services, motorway operations and the power line 70L.

### c. Analysis of the problems

The problems determined in relation to the interference illustrated are analysed below following a description of the mitigation measures that were implemented.

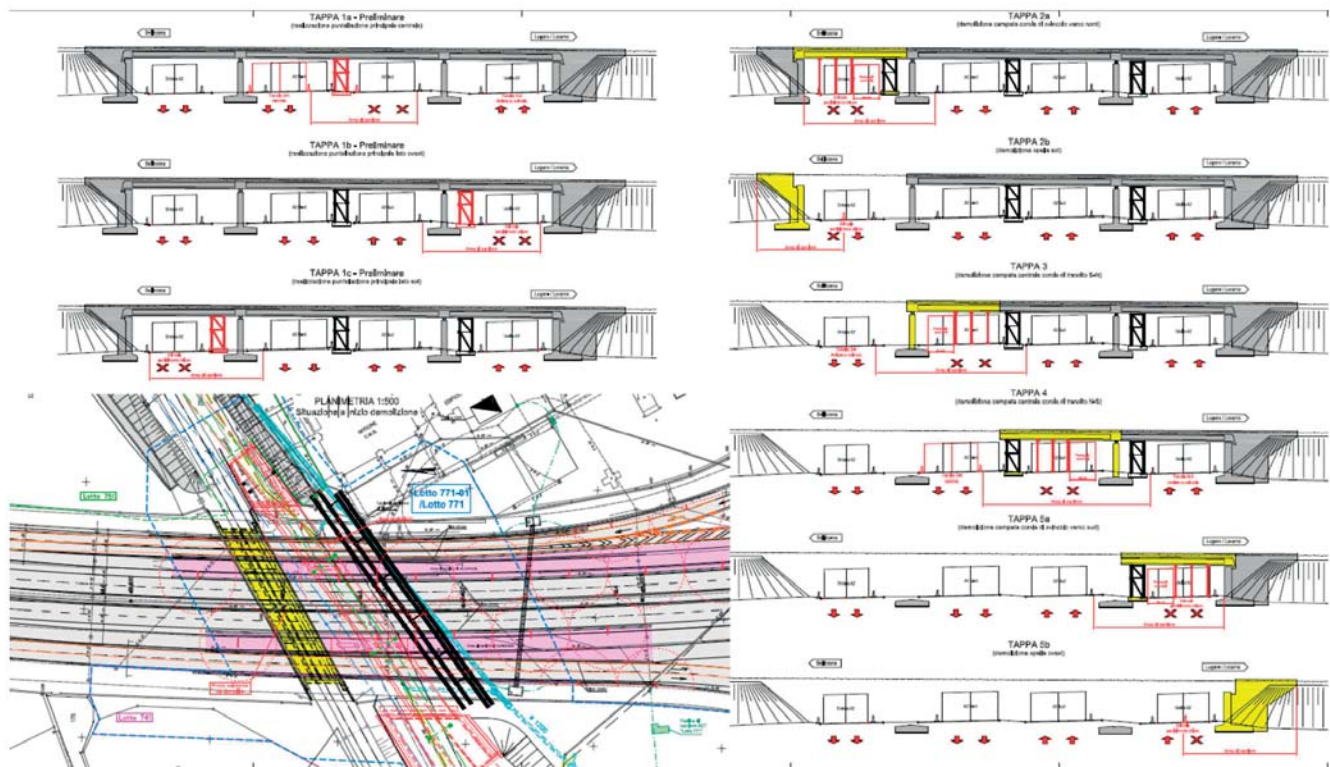
#### Demolition of the railway bridge over A2 motorway

In order to complete the parts of the work on the new structure required to execute the move, it was first necessary to demolish the existing A2 motorway bridge.

Two technical options were considered for the demolition of the bridge:

- 1) *blasting the structure*: this solution would have meant closing the motorway section concerned overnight (Sat./Sun.) and diverting vehicles onto local roads. Suitable adaptations would also have had to be put in place to prevent bottlenecks between the different traffic flows and thus traffic jams, including those caused by the smaller roadway section;
- 2) *removing the bridge in segments*: this solution would have meant first shoring up the structure (this would have been required in accordance with the planned alteration of the structural framework in successive operations; the structure, built in the 1960s, comprised two prestressed reinforced concrete bays). Then, the bridge would have had to be cut into segments in set phases timed to coincide with quieter periods on the road, the roads beneath the section of the bay being demolished would have had to be blocked off and traffic provisionally diverted (Fig. 10).

The first solution, which was considered more efficient and cost-effective, was rejected as FEDRO thought that continuing the works beyond the low-impact night-time period identified would have had a severe impact on an already-sensitive motorway traffic situation in the event of an accident. It was therefore decided to cut the piers and abutments of the bridge into segments (removing the result-



(Fonte - Source: AlpTransit SA)

Fig. 10 - Schemi di demolizione a tappe del cavalcavia esistente.  
Fig. 10 - Diagrams showing the demolition of the existing railway bridge in stages.

duato avrebbero prodotto pesanti ripercussioni sulla già delicata situazione del traffico autostradale. Pertanto, la scelta adottata è stata quella di procedere al taglio in conci delle campate e delle spalle del ponte (con rimozione a tappe dei conci risultanti – Fig. 10) e di procedere alla demolizione delle fondazioni con martellone.

I conci del ponte avrebbero dovuto essere rimossi con gru posizionate lateralmente all'autostrada.

#### Esercizio linea elettrica 70L

Presso la stazione FFS di Giubiasco, impianto posto alla progressiva 154+043 e in comune alla linea ferroviaria Nr. 600 – Lucerna-Bellinzona-Chiasso e Nr. 630 – Bellinzona-Locarno, è ubicata l'omonima sottostazione elettrica di conversione che alimenta parte della linea Nr. 600 e, integralmente, le linee Nr. 630 e Nr. 631 (quest'ultima è una diramazione della linea Nr. 630 dalla stazione di Cadenazzo per Ranzo Confine).

La costruzione della sottostazione di conversione di Giubiasco risale al 1919: si trattava, all'epoca della messa in esercizio, di una sottostazione di distribuzione con 3 trasformatori 66 kV - 15 kV deputati a convertire la corrente proveniente dalla centrale elettrica FFS del Ritom. Nel 1965, unitamente alla costruzione dei nuovi stabili della centrale, è stato installato un convertitore rotante

ing segments in stages – Fig. 10) and then demolish the foundations with a jack hammer.

The segments of the bridge were to be removed with cranes positioned alongside the motorway.

#### Operation of power line 70L

The SBB station at Giubiasco, an installation located at point 154 + 043 and shared by lines 600 – Lucerne–Bellinzona-Chiasso and 630 – Bellinzona-Locarno, includes the converter substation of the same name that powers part of line 600 and all of lines 630 and 631 (the latter forming a branch of line 630 from Cadenazza station to Ranzo Confine).

Construction of the Giubiasco converter substation began in 1919: when commissioned, it was a distribution substation with three 66 kV – 15 kV transformers used to convert the current from SBB's Ritom power station. A rotary converter (known as CR1) was installed in 1965 when the new power station buildings were constructed, while two ABB prototype static converters (known as CS2 and CS3) were put into operation in 1994 (the first static converters ever made). CR1 plays a key role in guaranteeing the stability of the electric tractive system as its rotary mass of ≈115 t makes it excellent at absorbing short circuits. However, the static converters CS2 and CS3 provide a bet-



(denominato CR1) mentre, nel 1994, sono stati messi in servizio due prototipi di convertitori statici (denominati CS2 e CS3) di ABB (si trattava dei primi convertitori statici mai realizzati). Il CR1 risulta essere molto importante per garantire la stabilità della rete elettrica di trazione in quanto, con la sua massa rotante di  $\approx 115$  t, riesce ad ammortizzare in modo eccellente i cortocircuiti. Per contro i convertitori statici CS2 e CS3 garantiscono rendimenti migliori avendo, durante la conversione, molte meno perdite rispetto al convertitore rotante. In generale, il CR1 ha una potenza di 25 MW mentre il CS2 e CS3 hanno una potenza di 20 MW ciascuno. La potenza totale installata presso la sottostazione di conversione di Giubiasco risulta, dunque, essere pari a 65 MW.

Nell'ambito dei progetti AlpTransit sono avvenuti ulteriori importanti interventi di potenziamento della sottostazione di Giubiasco allo scopo di garantire un approvvigionamento di corrente affidabile alla Galleria di base del Ceneri ed al Canton Ticino meridionale: tali interventi hanno riguardato la sostituzione dei trasformatori della linea di contatto e l'innalzamento della tensione di esercizio a sud di Giubiasco con il passaggio da 66 kV a 132 kV. La sottostazione, nella sua nuova configurazione, è in esercizio da agosto 2016 con la sola eccezione dei punti di alimentazione a servizio della Galleria di base del Ceneri.

Dal punto di vista dello schema elettrico (Fig. 11), la sottostazione di conversione in questione è dotata di 4 punti di alimentazione, numerati da 1001 a 1004.

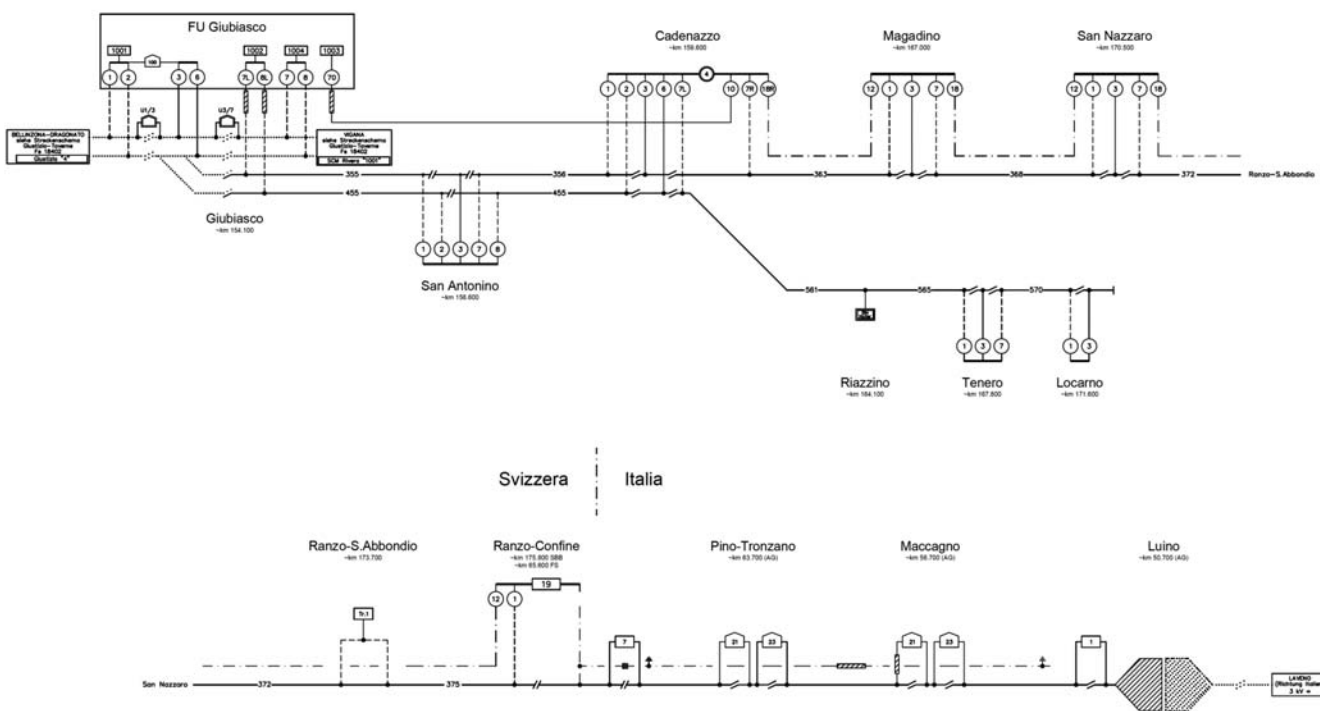
*ter performance since they suffer much lower losses than the rotary converter during conversion. In general, CR1 has an output of 25 MW whilst CS2 and CS3 each have an output of 20 MW, giving a total installed power of 65 MW at the Giubiasco substation.*

*As part of the AlpTransit projects, additional major operations were carried out to increase the power of Giubiasco substation to provide the Ceneri Base Tunnel and the southern Ticino Canton with a reliable current supply. This work involved replacing the overhead line transformers and increasing the operating voltage south of Giubiasco from 66 kV to 132 kV. The substation has operated in its new configuration since August 2016 with the sole exception of the power points serving the Ceneri Base Tunnel.*

*From the point of view of the wiring diagram (Fig. 11), the converter substation in question is equipped with four power points numbered 1001 to 1004.*

*Railway lines 630 and 631 are powered from power point 1002 via switch disconnectors 7L and 8L. The 15 kV bypass line, known as 70L, starts at power point 1003 and, via switch disconnector 70, supplies the Cadenazzo switch unit and, further downstream, the Magadino (point 167+000), San Nazzaro (point 170+500), Ranzo Sant'Abbondio (point 173+700) and Ranzo Confine (point 175+800) switch units.*

*Line 630 can be powered from Cadenazzo station via switch disconnector 7L of the Cadenazzo switch unit. The*



(Fonte - Source: FFS SA)

Fig. 11 - Schema elettrico di distribuzione della sottostazione elettrica di conversione di Giubiasco e delle linee FFS nr. 630 e nr. 631.

*Fig. 11 - Electric distribution diagram of Giubiasco electric converter substation and SBB lines 630 and 631.*

L'alimentazione della linea ferroviaria Nr. 630 e Nr. 631 avviene dal punto di alimentazione Nr. 1002 per il tramite degli interruttori di manovra 7L e 8L. Dal punto di alimentazione 1003 ha origine la linea di circonvallazione a 15 kV, denominata 70L, che, tramite l'interruttore di manovra 70, approvvigiona il posto interruttori di Cadenazzo e, a cascata, i posti interruttori di Magadino (progressiva 167+000), San Nazzaro (progressiva 170+500), Ranzo Sant'Abbondio (progressiva 173+700) e Ranzo Confine (progressiva 175+800).

La linea Nr. 630 è alimentabile dalla stazione di Cadenazzo, tramite l'interruttore di manovra 7L del posto interruttori di Cadenazzo. I posti interruttori sulla linea Nr. 630 di Tenero (progressiva 167+800) e di Locarno (progressiva 171+600) non sono approvvigionati.

Attualmente non è dunque possibile alimentare le linee ferroviarie Nr. 630 e Nr. 631 dalle loro estremità meridionali: la creazione di tali impianti di alimentazione è contenuta nel pacchetto di interventi infrastrutturali previsti per il potenziamento della linea internazionale Cadenazzo-Ranzo Confine-Luino.

Il vecchio ponte ferroviario sull'autostrada A2, oggi demolito, era sorvolato sia da una linea di trasporto FFS a 66 kV sia dalla linea 70L. I conduttori di quest'ultima, data la particolare struttura dei tralicci a servizio delle linee citate, risultavano essere i più vicini alla struttura da demolire per cui, secondo le modalità esecutive definite in via preliminare (sollevamento dei conci dell'impalcato tramite gru posizionate sulle carreggiate autostradali), per poter lavorare con le prescritte condizioni di sicurezza sarebbe stato necessario mettere fuori esercizio la linea 70L per la durata di alcune settimane.

Tenuto conto dello schema elettrico illustrato, risulta chiaro come la 70L alimenti due linee ferroviarie ad elevato impatto strategico: infatti, la linea Nr. 631 costituisce uno dei collegamenti ferroviari più importanti del Paese verso l'estero (Italia). Lungo i suoi binari transita, in prevalenza, treni merci operanti sui terminal Hupac di Busto Arsizio e Basilea. Tale linea costituisce, dunque, un'arteria fondamentale per l'equilibrio del traffico ferroviario europeo.

In fase di definizione e pianificazione dei lavori di demolizione del vecchio ponte sull'autostrada A2, il settore Corrente di trazione dell'Unità di sorveglianza dell'infrastruttura FFS è stato coinvolto per condurre un'analisi dell'impatto sulla propria infrastruttura della messa fuori esercizio della linea di circonvallazione 70L e autorizzare, eventualmente, tale provvedimento.

Dall'analisi tecnica condotta è emerso che, conseguentemente alla sospensione del trasporto di energia elettrica sulla linea 70L:

a) sarebbe stato necessario, innanzitutto, mettere a terra (con specifici dispositivi) i conduttori della linea in questione, operazione resa difficoltosa dall'altezza dei tralicci;

switch units on Tenero line 630 (point 167+800) and Locarno (point 171+600) are not supplied with power.

*This means that railway lines 630 and 631 cannot be powered from their southern ends at present: the creation of these power systems is contained in the set of infrastructure operations planned for the upgrade of the Cadenazzo-Ranzo Confine-Luino international line.*

*The old railway bridge over the A2 motorway, now demolished, was crossed by an SBB 66kV overhead transmission line and line 70L. The particular structure of the pylons serving these lines meant that the conductors of line 70L were closest to the structure to be demolished. Following the procedures initially laid down (lifting the deck segments using a crane positioned on the motorway carriageways), therefore, line 70L would have to be decommissioned for a number of weeks in order to comply with the safety requirements.*

*Considering the wiring diagram shown above, it is clear that 70L powers two railway lines with a considerable strategic impact: line 631 is one of the Switzerland's most important rail links out of the country (to Italy). Its tracks are mainly used by goods trains operating at the Hupac Busto Arsizio and Basel terminals. This line is therefore fundamental for the smooth running of European rail traffic.*

*During the phase in which the demolition of the old bridge over the A2 motorway was defined and planned, the Traction Current team of SBB's Infrastructure Surveillance Unit was brought in to analyse the impact on its infrastructure of decommissioning bypass line 70L and to authorise this measure if appropriate.*

*The technical analysis found that de-energising line 70L would have the following consequences:*

- a) *firstly, the conductors of the line in question would have to be earthed (using specific devices), which would be difficult due to the height of the pylons;*
- b) *lines 630 (to Locarno) and 631 (to Ranzo Confine and Luino) would have to be powered via the overhead line conductors from power point 1002 at Giubiasco substation only (switch disconnectors 7L and 8L) and all the relocated switch units would have to be arranged appropriately along the lines (in particular, switch 4 of the Cadenazzo switch unit would have to be included);*
- c) *operation times (identification and restoration of overhead line short circuits) would be much longer than normal, increasing delays to rail services. This is particularly important since the annual volume of short circuits due to adverse weather conditions on line 631 – Cadenazzo-Ranzo Confine-Luino is significant: the section in question is affected by strong winds and, particularly in summer, intense thunderstorms cause repeated temporary short circuits. If the number of these temporary short circuits recorded within a predefined period exceeds the set limit, the electronic management system automatically cuts the power of the plant, interpreting these short circuits as permanent. With the technology available up to 2015, switch 4 of the Cadenazzo switch*

- b) si sarebbe dovuto procedere ad una alimentazione delle linee Nr. 630 (verso Locarno) e Nr. 631 (verso Ranzo Confine-Luino) tramite i soli conduttori della linea di contatto a partire dal punto di alimentazione 1002 della sottostazione di Giubiasco (interruttori di manovra 7L e 8L) e disponendo opportunamente tutti i posti interruttori dislocati lungo le linee (in particolare, sarebbe stato necessario inserire l'interruttore 4 del posto interruttori di Cadenazzo);
- c) i tempi d'intervento (individuazione e ripristino di cortocircuiti della linea di contatto) sarebbero risultati molto più lunghi del normale con conseguente accumulo di ritardi nella circolazione ferroviaria. Ciò assume particolare importanza in relazione al fatto che il volume annuale dei cortocircuiti dovuti a condizioni meteorologiche avverse sulla linea Nr. 631 - Cadenazzo-Ranzo Confine-Luino è non trascurabile: infatti, il tratto in questione è colpito da venti forti e, soprattutto nel periodo estivo, da intensi temporali che causano ripetuti cortocircuiti momentanei. Se il numero di tali cortocircuiti momentanei registrati entro un lasso di tempo predefinito eccede il limite prestabilito, il sistema elettronico di gestione procede automaticamente alla disalimentazione degli impianti ritenendo tali cortocircuiti come permanenti. Con la tecnologia disponibile fino al 2015, l'interruttore 4 del posto interruttori di Cadenazzo non disponeva delle moderne protezioni e non poteva fornire indicazioni riguardo alla posizione di eventuali cortocircuiti. A seguito di ciò, per il personale operante presso il centro di comando di Bellinzona, la determinazione del luogo perturbato sarebbe risultata molto laboriosa e solo sommaria;
- d) nel caso di attuazione della strategia di alimentazione descritta al punto a), le prove necessarie alla individuazione della zona oggetto di cortocircuito permanente avrebbero determinato l'interruzione contemporanea della circolazione ferroviaria sulle linee Nr. 630 e Nr. 631;
- e) l'attuazione della strategia di alimentazione descritta al punto a), su uno sviluppo complessivo della rete pari a  $\approx 34$  km a semplice binario e con un elevato traffico merci, sarebbe stata caratterizzata da un motivato rischio di sovraccarico dei conduttori della linea di contatto con conseguente rialzo della temperatura degli stessi e un ripetitivo intervento delle protezioni termiche dei punti di alimentazione, nonché dal rischio di una prolungata interruzione totale della circolazione ferroviaria in caso di guasto;
- f) sarebbe stato necessario predisporre uno specifico dispositivo di ripristino dell'alimentazione sulla linea di circonvallazione 70L tale da garantire la rapida rimessa in servizio in caso di necessità.

Va inoltre considerato che risultava impossibile far sospendere i lavori in caso di necessità urgente di reinserimento della linea 70L in quanto le tappe di lavoro pia-

*unit did not have modern protection devices and was unable to provide details of the location of any short circuits. Consequently, it would be very hard for the staff working at the Bellinzona control centre to locate the site affected, even approximately;*

- d) *in the case of the implementation of the power strategy described in point a), the tests required to identify the area affected by a permanent short circuit would mean interrupting rail services on the lines 630 and 631 at the same time;*
- e) *therefore, implementing the power strategy described in point a) over a total length of  $\approx 34$  km of the single-track system with a high volume of goods traffic would risk overloading the overhead line conductors, pushing up their temperatures and causing repeated intervention to ensure the thermal protection of the power points; there would also be a risk of prolonged interruptions to the entire rail service in the event of failure;*
- f) *a specific power recovery device would have to be provided on bypass line 70L to guarantee the rapid restoration of services if need be.*

*It must also be borne in mind that it would have been impossible to suspend the works if line 70L needed to be re-connected urgently, as the planned operating stages had to be completed according to a binding schedule and missing these deadlines would have a very detrimental effect on rail services and motorway operation.*

*The results of the analysis illustrated here led AlpTransit project managers to seek an alternative planning solution aimed at using different machinery to move the railway bridge segments, while fully complying with the safety measures required and without interrupting bypass line 70L.*

*For this reason, it was decided not to remove the segments of the deck of the old A2 bridge with a crane but to use equipment with shorter hoist arms. In particular, it was decided to use a suitably modified front-loader crane fitted with a metal beam that enabled the segments to be picked up and set down off the carriageway and then cut into smaller pieces for loading onto trucks and transporting to material recovery centres.*

## Railway operation

*To enable the north deck of the new railway bridge to be moved, railway service of the line 630 had to be suspended completely and continuously for 41 hours (see section 5 for the estimated suspension time). As shown in Fig. 12 below, the suspension was planned in three different phases.*

*Implementing the suspension described in Fig. 12 meant defining certain measures to guarantee the continuity of goods and passenger services:*

### a) Goods traffic

*Most of the goods traffic that travels on line 631 - Cadenazzo-Ranzo Confine-Luino can be classified as transit goods traffic, most of which goes directly to the intermodal*



nificate dovevano essere portate a termine secondo un programma vincolante non rispettando il quale si sarebbe provocato un notevole danno alla circolazione ferroviaria e autostradale.

I risultati dell'analisi illustrata hanno portato la direzione di progetto di AlpTransit alla ricerca di una soluzione pianificatoria alternativa e rivolta all'uso di macchinari d'altro genere per la movimentazione dei conci del ponte ferroviario, nel rispetto completo delle misure di sicurezza necessarie e senza interruzione della linea di circoscrizione 70L.

A tale scopo è stato deciso di non rimuovere i conci dell'impalcato del vecchio ponte A2 con gru ma di procedere con mezzi dotati di bracci di sollevamento di limitata lunghezza. In particolare, è stato deciso di utilizzare una gru di tipo *Front Loader* opportunamente modificata con l'applicazione di una trave metallica che consentisse di prelevare e posare i conci all'esterno della carreggiata e procedere, successivamente, al taglio in pezzi di dimensioni più contenute per essere caricati su autocarri e trasportati nei centri di recupero di materiale.

## Esercizio ferroviario

Per permettere la traslazione dell'impalcato nord del nuovo cavalcavia si è resa necessaria una interruzione totale continuativa di 41 ore della linea Nr. 630 (per la stima della durata dell'interruzione si veda il § 5.). L'interruzione, come riportato nella Fig. 12, è stata pianificata in 3 differenti fasi.

L'attuazione dell'interruzione descritta in Fig. 12 ha comportato la definizione di determinati provvedimenti atti a garantire la continuità del servizio merci e passeggeri:

### a) Traffico merci

La maggior parte del traffico merci che interessa la linea Nr. 631 – Cadenazzo-Ranzo Confine-Luino è classificabile come traffico merci di transito, diretto, principalmente, ai terminal intermodali di Gallarate (in direzione sud) e Basilea (in direzione nord). Dal punto di vista tipologico, si tratta di trasporto intermodale strutturato secondo un programma giornaliero ciclico e che deve, per tale caratteristica, viaggiare senza forti ritardi per evitarne l'instabilità d'orario.

A seguito dell'interruzione della linea Nr. 630 si è deciso di dirottare tutte le tracce merci Gallarate-Basilea, e viceversa, via asse del Sempione. L'insediamento dei convogli via Milano-Chiasso risultava, infatti, di difficilissima attuazione a causa, principal-

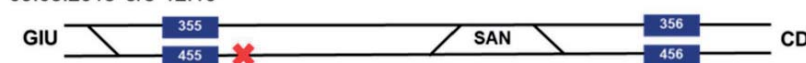
terminals at Gallarate (southbound) and Basel (northbound). In terms of type, this is intermodal transport that is timetabled according to a regular daily schedule and that therefore cannot suffer any major delays in order to prevent timetable instability.

For the interruption of line 630, it was decided to divert all goods services travelling Gallarate–Basel and vice versa along the Simplon corridor. Routing services via Milan–Chiasso would have proved extremely difficult, mainly because of the lack of available tracks between the Milan junction and Gallarate and the longer travel times necessitated by customs clearance at Chiasso international station. Furthermore, goods trains heading south would have required additional tractive rolling stock to handle the Monte Ceneri ramp, meaning higher transport costs for engines and crew. Above all, the diversion along the Simplon corridor required a detailed analysis of the capacity of the entire Basel–Brig–Simplon corridor. This was fundamental in order to avoid carrying out infrastructure operations along this corridor that would have reduced its capacity and, consequently, made it harder to integrate the diverted goods routes with those forming part of normal operations.

These considerations prompted the project management to schedule the works required to move the deck during the weekend (from Saturday to Monday morning) so that only a reduced volume of goods traffic –for transit only – had to be negotiated. Domestic goods services, by contrast, are generally scheduled for weekdays (including mail transport from and to Swiss Post's logistics centre in Cadenazzo), a consideration that would have made the request to interrupt the rail service shown in Fig. 11 difficult to make.

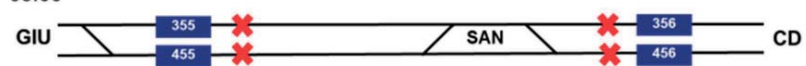
### Fase 1

Sbarramento ininterrotto bin 455 SAN-GIU da venerdì 08.03.2013 ore 08:10 fino a sabato 09.03.2013 ore 12:10



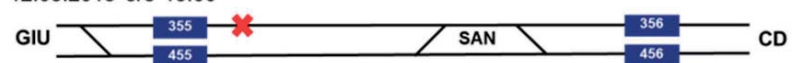
### Fase 2

Sbarramento totale GIU-CD da sabato 09.03.2013 ore 12:10 fino a lunedì 11.03.2013 ore 05:00



### Fase 3

Sbarramento ininterrotto bin 355 GIU-SAN da lunedì 08.03.2013 ore 05:00 fino a martedì 12.03.2013 ore 15:00



(Fonte - Source: FFS SA)

Fig. 12 - Fasi di interruzione della circolazione ferroviaria sulla linea Nr. 630 – Bellinzona-Locarno (GIU = Stazione di Giubiasco – SAN = Stazione di Sant'Antonino – CD = Stazione di Cadenazzo).

Fig. 12 - Phases of the suspension of rail services on line 630 – Bellinzona-Locarno (GIU= Giubiasco Station – SAN= Sant'Antonino Station – CD=Cadenazzo Station).

mente, dell'insufficienza di tracce tra il nodo di Milano e Gallarate e dei maggiori tempi di percorrenza legati anche alle operazioni doganali presso la stazione internazionale di Chiasso; inoltre, i treni merci in direzione sud avrebbero necessitato di materiale di trazione supplementare per affrontare la rampa del Monte Ceneri (questo si sarebbe ripercosso sui costi di trasporto in termini di utilizzo di locomotori e personale di macchina). Il dirottamento via asse del Sempione ha necessitato, innanzitutto, di una dettagliata analisi della capacità dell'intero asse Basilea-Briga-Sempione: risultava fondamentale evitare la presenza, su tale asse, di interventi sull'infrastruttura che ne avrebbero abbattuto la capacità e, di conseguenza, reso difficoltosa l'integrazione delle tracce merci dirottate con quelle normalmente pianificate.

Tali considerazioni hanno portato la direzione di progetto a pianificare i lavori di traslazione dell'impalcato durante il fine settimana (dal sabato al lunedì mattina), in modo da dover fronteggiare un traffico merci ridotto, nel volume, e puramente di transito; invece, durante la settimana, sono generalmente pianificati servizi merci nazionali (tra cui il trasporto di posta da e per il centro logistico de La Posta di Cadenazzo), aspetto che avrebbe reso difficoltosa la richiesta di interruzione del servizio ferroviario presentata in Fig. 12.

## b) Traffico passeggeri

La linea Nr. 630 – Bellinzona-Locarno è caratterizzata da un traffico passeggeri fortemente stagionale: durante l'estate si assiste, infatti, a picchi di frequentazione legati alla vocazione turistica della regione del locarnese. Questa prima valutazione ha orientato la direzione di progetto a pianificare l'intervento di traslazione dell'impalcato del nuovo cavalcavia nel mese di marzo (prima del periodo pasquale).

Si è dunque deciso di compensare l'interruzione del servizio passeggeri tra Giubiasco e Cadenazzo con un autoservizio sostitutivo tra le medesime località.

Il progetto di tale autoservizio è presentato in Fig. 13.

## Esercizio autostradale

Per garantire la sicurezza e la fluidità del traffico veicolare nel tratto interessato dall'esecuzione dei lavori di costruzione del nuovo cavalcavia è stato valutato come necessario, per tutto il periodo di costruzione, un limite di velocità massima pari a 100 km/h.

Non sono state valutate come necessarie ulteriori misure di protezione.

## 4. Interventi esecutivi propedeutici alla traslazione del nuovo impalcato: demolizione del vecchio ponte ferroviario

La documentazione fotografica (Figg. 14, 15, 16, 17, 18 e 19) mostra le differenti fasi di demolizione del ponte

## b) Passenger traffic

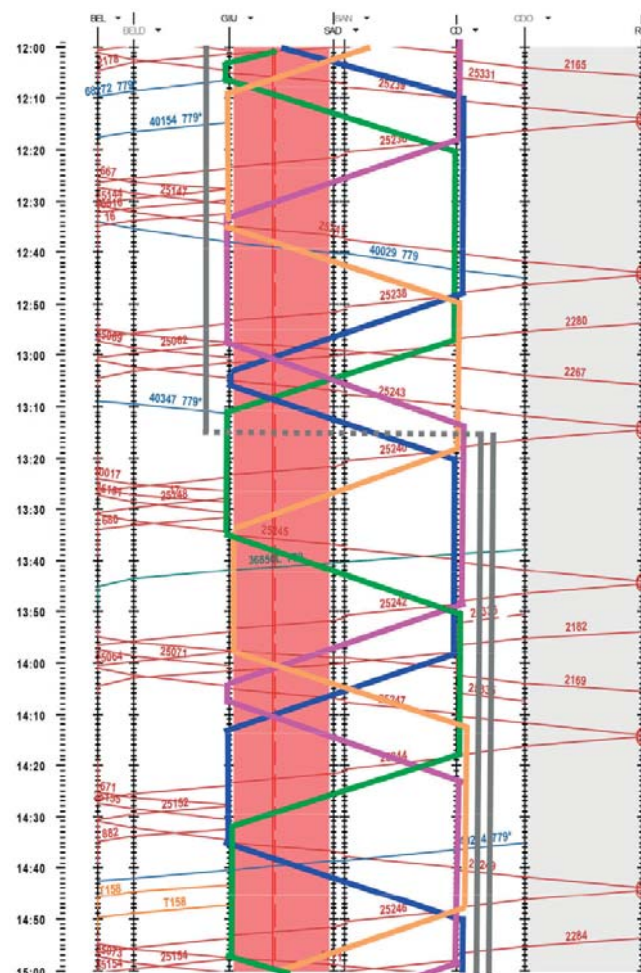
*Line 630 – Bellinzona-Locarno – experiences highly seasonal passenger traffic, with summer peaks linked to tourism in the Locarno region. This initial assessment led the project management to plan moving the deck of the new railway bridge in March (before the Easter period).*

*Therefore, it was decided to offset the interruption of the passenger service between Giubiasco and Cadenazzo with a replacement bus service between these locations.*

*Fig. 13 shows the schedule for this bus service.*

## Motorway operation

*To guarantee the safety and smooth flow of vehicles along the section where the works to build the new railway*



(Fonte - Source: FFS SA)

Fig. 13 - Rappresentazione dell'esercizio ferroviario e delle autocorse sostitutive pianificate tra Giubiasco e Cadenazzo durante il periodo di interruzione della circolazione ferroviaria.

*Fig. 13 - Illustration of rail operation and replacement bus services planned between Giubiasco and Cadenazzo during the interruption of the train service.*





(Fonte - Source: M. CORRADINI)

Fig. 14 - Puntellazione supplementare realizzata al di sotto del ponte A2 esistente per permetterne il taglio in conci.  
Fig. 14 - Supplementary shoring beneath the existing A2 bridge to allow segments to be cut.



(Fonte - Source: M. CORRADINI)

Fig. 16 - Operazioni di preparazione e di taglio della soletta, delle travi longitudinali e trasversali.  
Fig. 16 - Works to prepare and cut the deck and longitudinal and transverse beams.

esistente, dalla protezione della struttura da demolire alla rimozione dei conci del ponte derivanti dal taglio dell'impalcato. La demolizione dell'intera struttura del vecchio ponte A2 ha permesso di liberare lo spazio necessario alla costruzione delle spalle del futuro cavalcavia (parte nord).

La scelta progettuale è stata quella di utilizzare la stessa sede, e quindi la stessa struttura provvisoria già impiegata per la realizzazione dell'impalcato nord, anche per la costruzione dell'impalcato sud. In questo modo non è stato necessario intervenire nuovamente sulla sede autostradale per la realizzazione di fondazioni su pali



(Fonte - Source: M. CORRADINI)

Fig. 15 - Tracciamento delle linee di taglio dei conci in corrispondenza della soletta del ponte vecchio esistente (si noti al centro, sullo sfondo, i tralicci della linea elettrica di alimentazione 70L - v. § 2.2).  
Fig. 15 - Layout of the cutting lines corresponding to the deck of the existing old bridge (the pylons of power line 70L are visible at the bottom - see § 2.2).



(Fonte - Source: M. CORRADINI)

Fig. 17 - Rimozione dei singoli conci risultanti dal taglio del ponte esistente (a mezzo di gru Front Loader appositamente adattata).  
Fig. 17 - Removal of individual segments resulting from cutting the existing bridge (using an appropriately modified front-loader crane).

bridge were to be carried out, a maximum speed limit of 100 km/h was considered necessary throughout the construction period.

No further protection measures were deemed to be required.

## 4. Preparatory operations for moving the new deck: demolition of the old railway bridge

The following photographic documentation (Figs. 14, 15, 16, 17, 18 and 19) shows the different phases involved in demolishing the existing bridge, from protecting the





(Fonte - Source: M. CORRADINI)

Fig. 18 - Demolizione delle fondazioni della spalla est del cavalcavia esistente con martellone.

Fig. 18 - Demolition of the eastern abutment foundations of the existing railway bridge with a pneumatic drill.

(scelta dettata dalla natura alluvionale del sottofondo) della struttura di sostegno provvisoria necessaria alla costruzione degli impalcati.

Questo vantaggio sconta, però, l'onerosità dell'intervento di traslazione.

Con il completamento delle spalle est ed ovest (lato sud) del nuovo cavalcavia A2 e la realizzazione delle opere provvisorie di sostegno della massicciata ferroviaria e di protezione dei cavi in esercizio della Linea Esistente Modificata Nr. 630 (LEM630), opere provvisorie necessarie in previsione della traslazione, ha avuto formalmente inizio la fase di traslazione dell'impalcato nord dalla sua posizione provvisoria (lato sud) a quella definitiva (lato nord).

## 5. Gestione esecutiva dell'interruzione della linea ferroviaria Bellinzona-Locarno e della traslazione dell'impalcato

La traslazione dell'impalcato nord del nuovo cavalcavia sull'autostrada A2 era una attività prevista già in fase di pubblicazione del progetto della Galleria di Base del Ceneri. Nelle successive fasi di sviluppo del progetto, ed in particolare in quella di progettazione di dettaglio del nuovo cavalcavia A2, era stato elaborato, e successivamente aggiornato, un programma di massima dell'intervento che era stato immediatamente inserito all'interno della pianificazione degli intervalli (interruzioni) della rete FFS. Già in tale fase embrionale, era stato deciso che la durata dell'interruzione totale della linea Bellinzona-Locarno non poteva superare le 40 ore per non causare un impatto oltremodo significativo sui trasporti merci e passeggeri particolarmente elevati nei giorni feriali. Inoltre, a valle delle analisi presentate nel § 3.3, il periodo ot-



(Fonte - Source: M. CORRADINI)

Fig. 19 - Rimozione delle palancole utilizzate per sostenere il sedime ferroviario durante la realizzazione della prima metà della spalla est del nuovo cavalcavia.

Fig. 19 - Removal of the sheet piles used to shore up the railway site during the construction of the first half of the east abutment of the new railway bridge.

structure to be demolished to removing the bridge segments resulting from cutting the deck. The demolition of the entire structure of the old A2 bridge freed up the space required to build the abutments of the future railway bridge (north part).

For the south deck, the design involved using the same site and therefore the same temporary structure already employed to build the north deck. There was therefore no need to work on the motorway site again to build foundations on posts (a choice that was dictated by the alluvial nature of the subsoil) for the provisional supporting structure required to build the decks.

This advantage was offset to an extent by the difficulty of the move, however.

Completion of the east and west abutments (south side) of the new A2 railway bridge and construction of the provisional supporting structures for the track ballast and protection of the cables of Existing Modified Line 630 (EML630) in use – i.e. the provisional works required in preparation for the move – marked the formal commencement of the phase to move the north deck from its temporary position (south side) to its final site (north side).

## 5. Managing the interruption of the Bellinzona-Locarno railway line and moving the deck

Moving the north deck of the new A2 motorway railway bridge was planned as long ago as when the Ceneri Base Tunnel project was published. In later project development stages and, in particular, during detailed planning for the new A2 railway bridge, a preliminary operation programme was drafted and then updated, which was immediately included in planning the SBB network intervals (interruptions). It was decided from a very early stage that the

timale è stato individuato tra le ore 13.00 di sabato 09.03.2013 e le ore 05.00 di lunedì 11.03.2013.

Nei mesi antecedenti all'intervento sono state approfondite, concordate e regolate alcune tematiche con tutti gli operatori interessati dalle attività esecutive, ovvero:

- Imprese ferroviarie:
  - TiLo: trasporto passeggeri locale e transfrontaliero;
  - FFS: trasporto passeggeri regionale e nazionale;
  - FFS Cargo, DB Schenker e BLS Cargo: trasporto merci;
- Servizi autosostitutivi:
  - Autopostale SA;
- Servizi di soccorso (Polizia, Vigili del fuoco, Pronto soccorso) nel caso in cui si fosse verificato, direttamente o indirettamente, un incidente sul cantiere con plausibile ripercussione sulla tempistica delle attività;
- USTRA: gestore dell'autostrada A2.

A seguito del confronto tra tutti i Partner è stata concordata e definita la programmazione finale dell'intervento indicata in Tabella 1.

La gestione esecutiva della traslazione dell'impalcato nord del nuovo cavalcavia è stata condotta da un'apposita base di cantiere allestita nelle immediate adiacenze dell'area dei lavori e collegata, a mezzo telefono e radio (seconda ridondanza), con i capisquadra presenti sul cantiere, con le guardie di sicurezza, con il Centro di Esercizio Rete (CER) FFS di Bellinzona, con gli enti di soccorso e con il gestore dei servizi autosostitutivi dei treni passeggeri. Gli aspetti principali di gestione esecutiva sono riconducibili ai seguenti settori specialistici:

*Bellinzona–Locarno line could not be suspended for more than 40 hours in total so as not to impact excessively on the very considerable volume of goods and passengers being transported on weekdays. Furthermore-, following the analyses presented in § 3.3, the optimum period was identified as being between 1 p.m. on Saturday, 9 March 2013 and 5 a.m. on Monday, 11 March 2013.*

*In the months prior to the operation, a number of issues were investigated, agreed upon and settled with all the operators involved in the works, i.e.:*

- *Railway companies:*
  - *TiLo: local and cross-border passenger transport;*
  - *SBB: regional and national passenger transport;*
  - *SBB Cargo, DB Schenker and BLS Cargo: goods transport;*
- *Replacement bus services:*
  - *PostBus Switzerland Ltd;*
- *Emergency services (police, fire service, paramedics) in the event of a direct or indirect accident at the site with a plausible repercussion on the deadline for the activities;*
- *FEDRO: A2 motorway manager.*

*Following dialogue between all the partners, the final schedule of the work was agreed and defined as indicated in Table 1.*

*Moving the north deck of the new railway bridge was managed from a special construction site base set up immediately adjacent to the works and connected by telephone and radio (depending on redundancy requirements) to the team leaders on site, security guards, SBB Network Operating Centre (CER) in Bellinzona, emergency organisations and the manager of the bus services replacing the pas-*

Tabella 1 – Table 1

Quadro riassuntivo delle tempistiche esecutive relative alla traslazione dell'impalcato nord del cavalcavia A2  
*Summary of schedule for moving the north deck of the A2 railway bridge*

<b>Programmazione lavori traslazione cavalcavia A2</b> <i>Schedule of works to move A2 railway bridge</i>		
<b>Periodo</b> <i>Period</i>	<b>Inizio: venerdì 08.03.2013 - ore 07.00</b> <i>Start: Friday 08.03.2013 at 7 a.m.</i>	<b>Fine: martedì 12.03.2013 - ore 15.00</b> <i>End: Tuesday 12.03.2013 at 3 p.m.</i>
Binari interessati <i>Tracks involved</i>	400 (Locarno-Bellinzona) da ore 07.00 del 08.03.2013 a ore 05.00 del 11.03.2013 400 ( <b>Locarno-Bellinzona</b> ) from <b>7 a.m. on 08.03.2013</b> to <b>5 a.m. on 11.03.2013</b>	
	300 (Bellinzona-Locarno) da ore 12.00 del 09.03.2013 a ore 15.00 del 12.03.2013 300 ( <b>Bellinzona-Locarno</b> ) from <b>12 noon on 09.03.2013</b> to <b>3 p.m. on 12.03.2013</b>	
Interruzione totale <i>Total interruption</i>	41 ore	Sabato 09.03.2013 – ore 12.00 <i>Saturday 09.03.2013 – 12 noon</i> Lunedì 11.03.2013 – ore 05.00 <i>Monday 11.03.2013 – 3 p.m.</i>
Durata traslazione <i>Duration of move</i>	10 ore	Sabato 09.03.2013 – ore 19.00 <i>Saturday 09.03.2013 – 7 p.m.</i> Domenica 10.03.2013 – ore 05.00 <i>Sunday 10.03.2013 – 5 a.m.</i>
Lunghezza traslazione <i>Length to be moved</i>	14.56 m	

- Opere civili;
- Tecnica ferroviaria;
- Sicurezza del cantiere e ferroviaria;
- Traffico ferroviario;
- Informazione.

## a. Opere civili

L'impalcato nord è stato realizzato tra marzo e ottobre 2011. Esso è stato abbassato durante la notte 05-06.11.2011 (abbassamento verticale pari a  $\approx 1,80$  m), fino ad essere appoggiato su spalle e pile definitive già costruite (Figg. 20, 21, 22 e 23). Tale operazione di abbassamento ha comportato l'interruzione totale del traffico autostradale.

Il 19.03.2012 e il 23.04.2012 sono stati trasferiti temporaneamente sul nuovo manufatto (posto in posizione provvisoria) i binari 300 e 400 della LEM630 liberando così l'impalcato del vecchio ponte A2. L'impalcato nord è stato quindi traslato durante la notte 09-10.03.2013 di una lunghezza pari a 14,56 m fino a raggiungere la sua posizione definitiva. Invece, l'impalcato sud è stato realizzato tra maggio e ottobre 2013. Esso è stato abbassato durante la notte 09-10.11.2013 (abbassamento verticale pari a  $\approx 1,80$  m - con interruzione totale del traffico autostradale) e traslato di  $\approx 4,60$  m sino alla sua posizione definitiva in data 25.11.2013.

Per effettuare la traslazione di tali manufatti, del peso indicativo di  $\approx 4'000$  t (l'impalcato sud è il più pesante dei due:  $\approx 4'150$  t), sono stati utilizzati 8 martinetti idraulici posizionati a coppie in corrispondenza di ciascun appoggio degli impalcati (ovvero spalle+2 pile intermedie).



(Fonte - Source: M. CORRADINI)

Fig. 20 - Realizzazione della seconda parte della spalla est, lato nord, in corrispondenza del vecchio sedime della linea ferroviaria.

Fig. 20 - Construction of the second part of the east abutment, north side, adjacent to the old site of the railway line bridge to allow segments to be cut.

senger trains. The main managerial aspects relate to the following specialist sectors:

- Civil engineering;
- Railway technology;
- Site and rail safety;
- Rail traffic;
- Information.

## a. Civil engineering

The north deck was built between March and October 2011. It was lowered during the night of 5 to 6 November 2011 (vertical lowering of  $\approx 1.80$  m) until it was supported on the pre-constructed final abutments and piles (Figs. 20, 21, 22 and 23). This lowering operation involved a total suspension of motorway traffic.

On 19 March and 23 April 2012, tracks 300 and 400 of EML630 were transferred temporarily onto the new structure (in a temporary position), thus freeing up the deck of the old A2 bridge. The north deck, measuring 14.56 m long, was then moved into its final position during the night of 9 to 10 March 2013. The south deck, for its part, was built between May and October 2013. This was lowered during the night of 9 to 10 November 2013 (vertical lowering of  $\approx 1.80$  m, involving a total suspension of motorway traffic) and shifted  $\approx 4.60$  m to its final position on 25 November 2013.

Eight hydraulic jacks were used to move these structures, which weighed approximately  $\approx 4,000$  t (the south deck is the heavier of the two:  $\approx 4,150$  t) and which were positioned in pairs corresponding to each deck support (i.e. abutments plus two intermediate piles).



(Fonte - Source: M. CORRADINI)

Fig. 21 - Ultime finiture della spalla est (cuneo stabilizzato, drenaggio ed impermeabilizzazione, già sagomati in previsione del profilo della successiva scarpata).

Fig. 21 - Final finishes to the eastern abutment (wedge stabilised, drainage and proofing already shaped in preparation for the profile of the successive embankment).



Per quanto riguarda la forza di tiro, avendo ipotizzato un coefficiente di attrito statico pari al 15% del peso dell'impalcato da traslare e un coefficiente di attrito dinamico pari al 5÷8% dello stesso peso, essa era (per ciascun martinetto) così ripartita:

- 4'000 kN → martinetti sulle pile;
- 2'000 kN → martinetti sulle spalle.

Il manufatto è stato spostato dai martinetti idraulici per il tramite di trefoli di acciaio: in particolare, su ogni spalla erano disponibili 13 trefoli di tiro mentre sulle pile 19. I trefoli erano vincolati all'appoggio estremo sul lato opposto rispetto a quello di tiro. Ogni trefolo, realizzato in acciaio armonico, era composto da 7 fili di 15,7 mm di diametro per una sezione trasversale complessiva di 150 mm<sup>2</sup>. I martinetti idraulici erano mutuamente collegati e i rispettivi movimenti erano sincronizzati a mezzo di un'opportuna centralina ubicata sul manufatto in traslazione. Dal punto di vista dell'approvvigionamento elettrico, ogni martinetto aveva un assorbimento di corrente di 4x60 A, per un fabbisogno totale di potenza pari 91 kW. In considerazione del margine residuo presente sulla potenza disponibile si è convenuto di non ricorrere all'utilizzo di ridondanze (quali martinetti di scorta, ecc.).

Per permettere il contenimento dei tempi complessivi di traslazione, gli appoggi del nuovo manufatto (esclusi quelli di guida della spalla est) erano stati liberati da ogni vincolo orizzontale e trasversale sin dall'inizio dell'interruzione totale della circolazione ferroviaria, ovvero quando sul manufatto erano ancora presenti i treni cantiere per la rimozione dei vecchi binari. Allo scopo di garantire la sicurezza statica del manufatto, nonché quella del personale operativo, durante questo frangente l'impalcato nord era stato provvisoriamente bloccato a mezzo di cunei in legno interposti tra le spalle e il manufatto.

Durante la traslazione, la correttezza della traiettoria mantenuta dall'impalcato è stata garantita da appositi vincoli metallici (provvisori) applicati sugli appoggi della spalla est i quali hanno consentito di guidare il manufatto nella sua posizione definitiva.

Per poter controllare in tempo reale l'intervento, la base di cantiere è stata permanentemente presenziata. Ogni due ore il coordinatore generale procedeva a un controllo diretto dei lavori e registrava la tempistica di svolgimento delle singole attività. Inoltre, a scadenze predefinite, era sua competenza informare anche il CER FFS di Bellinzona per fornire agli operatori del servizio ferroviario l'aggiornamento sullo svolgimento dei lavori e sugli eventuali scostamenti dalla pianificazione. Nel caso in cui ciò si fosse verificato, con superamento di un predefinito limite di scostamento temporale tra avanzamento teorico ed effettivo dei lavori, era esclusiva responsabilità del coordinatore generale convocare tutti i responsabili di progetto per definire i provvedimenti alternativi d'urgenza e, soprattutto, la riprogrammazione delle misure straordinarie ritenute necessarie (come ad es. un prolungamento dei servizi sostitutivi o uno sbarramento suppl-



(Fonte - Source: M. CORRADINI)

Fig. 22 - Vista dalla spalla est (in direzione ovest) prima dell'inizio della traslazione dell'impalcato nord del nuovo cavalcavia. Si noti il paraghiaia (realizzato con profilati d'acciaio e tavole di legno interposte) per permettere l'esecuzione del giunto trasversale a seguito della traslazione e garantire, quindi, l'attivazione anticipata di un binario.

Fig. 22 - View of eastern abutment (westbound) before work started on moving the north deck of the new railway bridge. The ballast retainer, which was built using steel sections interspersed with wooden boards and which enabled the construction of the transverse coupling following the move and guaranteed the early activation of a track can be seen here.

Factoring a static friction coefficient of 15% of the weight of the deck to be moved and a dynamic friction coefficient of 5÷8% of the same weight, the traction was distributed as follows (for each jack):

- 4,000 kN → jacks on piles;
- 2,000 kN → jacks on abutments.

The structure was moved by hydraulic jacks using steel strands: specifically, 13 pulling strands were positioned on each abutment and 19 on the piles. The strands were tied to



(Fonte - Source: M. CORRADINI)

Fig. 23 - Vista dalla spalla ovest (in direzione est) con i binari del futuro tracciato posati in modo provvisorio.  
Fig. 23 - View of the western abutment (eastbound) with the tracks of the future route installed temporarily.

mentare delle circolazione ferroviaria, d'intesa con il CER FFS). Nella base di cantiere era inoltre situata la postazione di controllo del personale FFS impegnato nella gestione in sicurezza della movimentazione di tutti i mezzi ferroviari di cantiere e dei corrispondenti spostamenti del personale operativo.

Nelle fasi considerate più critiche dell'intervento, cioè quella immediatamente precedente la traslazione e la traslazione stessa dell'impalcato, l'intera area di cantiere è stata protetta ed interdetta all'accesso di terzi. A questo scopo erano stati studiati percorsi ben specifici dei mezzi di cantiere delle imprese coinvolte, gli accessi erano stati limitati e presenziati da agenti della sicurezza ed il passaggio del personale poteva avvenire solo con l'esibizione di un apposito documento lasciapassare, distribuito a tutti i tecnici in numero controllato. Per migliorare, prima e durante lo svolgimento dell'intervento, la distribuzione e gli spostamenti dei veicoli delle imprese all'interno del cantiere, erano state individuate e delimitate preliminarmente le aree di parcheggio e di movimentazione dei mezzi e materiali per l'assistenza al cantiere.

Poiché la traslazione, come risultato dei vincoli esterni, ha potuto aver luogo solamente in orario notturno, era stata prevista un'adeguata illuminazione di tutte le parti sensibili del manufatto nonché di quelle più critiche dal punto di vista della gestione della logistica.

L'approvvigionamento di elettricità era garantito, oltre che dalla rete pubblica (opportunamente e provvisoriamente potenziata), anche da una prima ridondanza costituita da un generatore diesel collegato all'impianto elettrico di cantiere e pronto all'uso in caso di necessità.

## b. Tecnica ferroviaria

I lavori di tecnica ferroviaria non risultavano limitati al nuovo manufatto ma si estendevano su  $\approx 1,5$  km di linea, precisamente dalla progressiva 154+400 alla progressiva 155+690 (riferite alla LEM630). Le unità operative di FFS Manutenzione prevalentemente coinvolte nelle attività di tecnica ferroviaria sono state armamento, trazione elettrica e, in misura minore, impianti di sicurezza. L'unità trazione elettrica ha aperto e chiuso gli intervalli di lavoro programmati per eseguire tutti gli interventi, traslazione inclusa.

All'interno delle lavorazioni si può individuare una prima fase, comprendente tutte le demolizioni dell'infrastruttura esistente sul tratto interessato, che si è svolta, progressivamente, dapprima solo su singolo binario e poi, all'inizio dello sbarramento totale, su entrambi i binari (dalle ore 11.00 del 08.03.2013 alle ore 11.00 del 09.03.2013); quindi, una seconda fase, di nuova costruzione, iniziata prima sulla sede di entrambi i binari e poi conclusasi sul binario 300 ovvero in direzione sud (dalle ore 11.00 del 10.03.2013 alle ore 11.00 del 12.03.2013). Durante tali intervalli si è proceduto anche a scavare, risanare, ricostruire e compattare, per una profondità di

*the end support on the opposite side of the pulling end. Each harmonic steel strand comprised 7 x 15.7 mm diameter wires for a total cross-section of 150 mm<sup>2</sup>. The hydraulic jacks were connected to each other and their movements synchronised via a special central unit located on the structure being moved. In terms of electric power, each jack had a current absorption of 4x60 A for a total power requirement of 91 kW. In view of the residual margin on the power available, it was agreed not to use redundancies (such as spare jacks etc.).*

*In order to keep the total time required for the move to a minimum, the new structure supports (excluding those to guide the eastern abutment) were freed from each horizontal and transverse tie from when the total suspension of rail services began, i.e. when site trains were still present on the structure to remove the old tracks. To guarantee the structural reliability of the structure as well as the safety of staff during this challenging operation, the north deck was blocked temporarily using wooden wedges interspersed between the abutments and the structure.*

*During the move, the correct trajectory of the deck was maintained by fitting suitable (temporary) metal ties to the supports of the eastern abutment, which allowed the structure to be guided into its final position.*

*The construction site base was permanently staffed to allow the operation to be controlled in real time. The general coordinator checked the works in person every two hours and recorded the time taken for each activity. Furthermore, this coordinator was also responsible for reporting to the SBB CER in Bellinzona at pre-defined times to provide rail service operators with an update on the progress of the works and any alterations to the plan. If any divergency was identified and the predefined time difference between the theoretical and actual progress of the works was exceeded, the general coordinator was solely responsible for convening all the project managers to define alternative emergency measures and, almost importantly, to reschedule the extraordinary measures deemed necessary (such as extending the replacement bus services or the block on rail services in agreement with the SBB CER). In addition, the construction site base also housed the SBB staff control station responsible for ensuring that all the site railway equipment was moved safely and the corresponding transfers of operating staff also ran smoothly.*

*During the phases of the operation that were considered most critical, i.e. immediately prior to the move and during the movement of the deck itself, the entire site area was protected and third-party access prohibited. For this purpose, very specific routes were laid out for the site equipment of the companies involved, access was limited, safety officers were in attendance and staff could only move around by showing the appropriate access document distributed to all engineers in a limited number. To improve the distribution and movement of company vehicles within the site before and during operations, the areas for parking and handling of equipment and materials for site use were first identified and delimited.*

≈0.5 m ed una lunghezza di ≈700 m, il sottofondo del corpo stradale del tratto di rilevato posto ad ovest del nuovo cavalcavia A2.

### c. Sicurezza del cantiere e della circolazione ferroviaria

In considerazione dell'estensione della tratta ferroviaria interessata dai lavori, della durata senza soluzione di continuità degli stessi, del numero di collaboratori contemporaneamente attivi nel momento di massima intensità delle lavorazioni, del numero di macchine da cantiere necessarie ed utilizzate per le lavorazioni di tecnica ferroviaria, della circolazione autostradale in atto durante l'intervento, della circolazione ferroviaria presente prima e dopo la traslazione, il cantiere ha richiesto un importante coordinamento per gestire e garantire la sicurezza di tutti i collaboratori coinvolti.

Dal punto di vista operativo, è stato individuato un coordinatore generale a cui è stata affidata la gestione di tutti i Guardiani della sicurezza (GdS) dislocati, ognuno per ciascuna area oggetto di lavorazione, in prossimità della linea ferroviaria. I GdS hanno sorvegliato l'operato dei Capi sicurezza (CS) delle imprese private, ognuno dei quali era responsabile di un gruppo specifico di collaboratori. Per ogni attività il CS doveva chiedere autorizzazione al suo GdS che, a sua volta, la richiedeva al coordinatore generale in contatto con il CER FFS di Bellinzona. Le richieste avvenivano per via telefonica mentre le rispettive conferme ad eseguire le attività venivano protocollate all'interno di un apposito registro. Ogni collaboratore presente sui binari doveva annunciarsi al coordinatore generale che, in base alla qualifica e competenza del soggetto richiedente ed alle lavorazioni in atto nell'immediata fascia temporale successiva, provvedeva a munirlo di apposita radio per ricevere le comunicazioni sui movimenti dei treni e su quelli dei treni di cantiere oltre ad istruirlo sul comportamento e sulle zone del cantiere in cui era possibile muoversi in autonomia o con restrizioni.

Inoltre, al fine di agevolare il controllo costante e continuo da parte delle GdS, era stata condivisa, tra i responsabili di progetto, una specifica e immediata individuazione visiva dei vari collaboratori. A questo scopo, come da regolamento FFS, tutti dovevano indossare abbigliamento integrale di sicurezza (scarpe, pantaloni e giacca arancione con bande ad alta visibilità) mentre, per quanto riguarda il casco, si era deciso di effettuare una ripartizione specifica dei colori: il giallo era assegnato ai collaboratori AlpTransit, direzione locale dei lavori e studi di progettazione; l'arancione era riservato al personale FFS; il verde era stato assegnato al personale dell'impresa di opere civili. Il bianco, come da regolamento FFS, era stato riservato alle GdS ed al loro coordinatore. Nel casco e sull'abbigliamento era presente e ben leggibile il nome del collaboratore e della società di appartenenza.

In media sono state impiegate in contemporanea 3 GdS, oltre al loro coordinatore, 24/24 ore dal 08.03.2013 al 12.03.2013.

*Since the move could only be executed at night due to external constraints, suitable lighting was planned for all major parts of the structure as well as those deemed most critical from the point of view of logistics management.*

*Electricity was supplied by both the public grid (suitably and provisionally boosted) and an initial redundancy measure, comprising a diesel generator linked to the site's electric plant and made ready to use if need be, was put in place.*

### b. Railway technology

*The railway technology works were not limited to the new structure but were actually extended to ≈1.5 km of line, specifically from point 154+400 to point 155+690 (in relation to EML630). The SBB Maintenance operating units that were primarily involved in the railway technology activities were rail tracks, electric traction and, to a lesser extent, safety plant. The electric traction unit started and ended the work intervals planned to carry out all operations, including the transfer.*

*The initial phase of the works comprised the entire demolition of the existing infrastructure on the section concerned. This was carried out gradually, starting with a single track and then moving on to the total barricade works, on both tracks (from 11 a.m. on 8 March 2013 to 11 a.m. on 9 March 2013); the second phase involved the new construction, commencing with the site of both tracks and ending on track 300, i.e. moving southbound (from 11 a.m. on 10 March 2013 to 11 a.m. on 12 March 2013). During these periods, excavation, repair, rebuilding and compacting works were carried out to a depth of ≈0.5 m and a length of ≈700 m on the road foundation of the section to the west of the new A2 railway bridge.*

### c. Safety of the construction site and rail services

*Significant coordination was required by the site to manage and ensure the safety of all those involved in view of the extent of the railway section affected by the works, the need for these works to run smoothly, the number of staff working simultaneously during peak operations, the number of site machines required for the railway technology works, the motorway traffic running during the operation and the rail services before and after the move.*

*A general coordinator was appointed to oversee operations and manage all the remote safety supervisors responsible for every area of work close to the railway line. The supervisors managed the work of the safety managers from the private companies, each of whom was responsible for a specific group of workers. For each activity, the safety manager had to request authorisation from their safety supervisor who, in turn, requested this authorisation from the general coordinator in contact with the SBB CER in Bellinzona. Requests were made by telephone whilst the respective confirmations to carry out the activities were*



In aggiunta alle GdS, erano presenti dispositivi di sicurezza automatici di annuncio dei treni in arrivo consistenti in un impianto Minime195 con distanza di approccio pari a 700 m su entrambe le direzioni per ogni binario, ed un impianto di arresto treni tipo NH-91 con distanza di approccio pari a 1170 m.

La responsabilità dell'organizzazione, del coordinamento e della gestione della sicurezza, prima, durante e dopo l'esecuzione dell'intervento in oggetto, è stata affidata e curata dal competente servizio FFS di Bellinzona.

La singolarità nel processo di gestione della sicurezza che si vuole inoltre evidenziare è che, nonostante il dispendio assolutamente inevitabile di sistemi automatici di protezione del cantiere, a seguito della traslazione dell'impalcato e fino al posizionamento definitivo, alla certificazione ed attivazione dei cavi e degli altri dispositivi del nuovo impianto di controllo della circolazione ferroviaria, si è dovuto gestire la sicurezza del cantiere in modo tradizionale, ovvero con una GdS e due sentinelle, una posta lato Bellinzona e l'altra lato Locarno.

#### d. Traffico ferroviario

Le FFS hanno provveduto a dare informazioni preliminarmente e in tempo reale ai viaggiatori sia in tutte le stazioni ferroviarie poste sull'asse nord-sud (Basilea-Chiasso) sia sul proprio portale informativo nel web.

Dal punto di vista dell'esercizio, se durante le fasi con circolazione a semplice binario si è potuto garantire senza ritardi l'orario ferroviario ufficiale, con l'interruzione totale si è dovuta definire una specifica programmazione dei treni passeggeri e degli autoservizi sostitutivi per consentire la continuità degli itinerari di viaggio.

In particolare, sono stati attuati i seguenti provvedimenti:

- Linea S20 Bellinzona-Locarno (servizio a cadenza semi-orario con collegamenti interrotti tra le stazioni di Cadenazzo e Giubiasco): i treni, come pianificato (v. § 3.3), sono stati attestati a Cadenazzo e Giubiasco e, in particolare, i treni provenienti da Bellinzona erano attestati sui binari Nr. 5 e Nr. 6 della stazione di Giubiasco mentre i treni provenienti da Locarno e Ranzo Confine-Luino erano attestati a Cadenazzo sui binari Nr. 2 e Nr. 3. A sud di Cadenazzo erano a disposizione, per il trasporto passeggeri in direzione di Locarno, tre composizioni Stadler Flirt a 4 casse. Presso le stazioni di Giubiasco e Cadenazzo i treni arrivavano e partivano rispettando l'orario ufficiale. Nelle due stazioni sono stati predisposti e segnalati gli stalli degli autobus sostitutivi: ad essi erano indirizzati i viaggiatori, sia mediante la segnaletica fissa che a messaggio variabile. In particolare, presso la stazione di Giubiasco, gli stalli dell'autoservizio sostitutivo sono stati previsti, in base alla direzione di viaggio (N-S o S-N), sui lati opposti della stazione. È stato deciso che i flussi dei passeggeri, sempre nella

*recorded in a dedicated register. Each worker on the tracks had to report their presence to the general coordinator who, based on the qualification and skill of the applicant and the works scheduled for the immediate period thereafter, arranged to provide them with a radio to receive communications on train movements and those of site trains and to instruct them on the actions and areas of the site where it was possible to move independently or with restrictions.*

*In addition, in order to facilitate constant and continuous control by the supervisors, a system for providing unique and immediate visual identification of the different workers was communicated among the project managers. To this end, as per SBB regulations, all personnel had to wear full safety gear (orange jacket with high visibility stripes, trousers and shoes), while it was also decided to distribute specifically coloured helmets: yellow for AlpTransit workers and local works and planning studies managers, orange for SBB staff and green for civil engineering company workers. As per SBB regulations, white helmets were reserved for the safety supervisors and their coordinator. The name of each worker and their company was clearly legible on their helmet and clothing.*

*An average of three safety supervisors plus their coordinator were deployed at any one time, 24 hours a day from 8 to 12 March 2013.*

*In addition to the safety supervisors, automatic safety devices were present to announce train arrivals. These consisted of a Minime185 unit with an approach distance of 700 m in both directions for each track and an NH-91 train halting unit with an approach distance of 1,170 m.*

*Responsibility for the organisation, coordination and management of safety before, during and after the operation concerned was entrusted to the competent SBB department in Bellinzona.*

*It is also worth highlighting the particular feature of the safety management process, namely that site safety had to be managed following the standard approach, i.e. with one safety supervisor and two guards – one posted on the Bellinzona side and the other on the Locarno side. This was despite the unavoidable need to invest in automatic site protection systems for moving and finally positioning the deck as well as in the certification and activation of cables and other devices required for the new train service control plant.*

#### d. Railway traffic

*SBB arranged to provide passengers with information in real time at all the railway stations located on the north-south corridor (Basel–Chiasso) and on its online information portal.*

*From an operating point of view, whilst it was possible to guarantee the official train timetable without delays during the phases involving a single-track service, a specific passenger train timetable had to be defined and replace-*

stazione di Giubiasco, dovevano essere tenuti strettamente separati in base alle medesime direzioni per evitare affollamenti nel sottopassaggio e sui marciapiedi.

In generale, personale di FFS ha permanentemente presenziato le due stazioni in modo da fornire assistenza e informazioni supplementari ai viaggiatori. Tra le due stazioni, gli autobus sostitutivi seguivano un itinerario predefinito e gli incroci più critici non semaforizzati erano presenziati da agenti del traffico in modo da garantire il tempo di trasferimento pianificato (massimo 25 minuti);

- Linea S30 Bellinzona-Ranzo confine-Luino-Malpensa (servizio a cadenzamento bi-orario con collegamenti interrotti tra le stazioni di Cadenazzo e Giubiasco): i treni provenienti da sud erano soppressi presso la stazione di Cadenazzo. I viaggiatori sono stati trasbordati con autobus fino alla stazione di Giubiasco e, da qui, hanno potuto continuare il viaggio con i servizi delle linee S10 Chiasso-Bellinzona (servizio a cadenzamento semi-orario);
- Collegamenti nazionali (servizi IR a cadenzamento orario con collegamenti interrotti tra le stazioni di Cadenazzo e Giubiasco): i treni nazionali Zurigo-Locarno e Basilea Locarno (cadenzamento bi-orario per ciascuna relazione) erano soppressi presso la stazione di Giubiasco (provenienza: nord). Considerato che la tratta Cadenazzo-Locarno è di soli 14 km e a semplice binario e non avendo avuto una sua opportunità e economicità prevedere un apposito e analogo servizio nella tratta isolata, nella stazione di Cadenazzo i viaggiatori proseguivano il viaggio tramite i servizi della linea S20.

Ogni conducente dell'autoservizio sostitutivo era permanentemente in collegamento con il proprio responsabile di coordinamento, a sua volta in contatto con il CER FFS di Bellinzona, responsabile per la gestione dell'esercizio e della circolazione ferroviaria sulla tratta Chiasso-Arth-Goldau.

Complessivamente, i ritardi massimi dei collegamenti passeggeri regionali erano contenuti a 30', a 60' quelli nazionali (Fig. 24).

Per quanto riguarda il traffico merci, a seguito del dirottamento via asse del Sempione, le imprese di trasporto ferroviario coinvolte hanno dovuto trasferire parte delle proprie risorse (ovvero macchinisti e materiale di trazione) dal Canton Ticino al Canton Vallese (presso la stazione Briga). Nonostante il dirottamento programmato, non risultavano esserci ripercussioni negative d'orario.

### e. Informazione

Secondo prassi consolidata sia da parte di AlpTransit cha da parte delle FFS, è stata data una specifica informazione dell'intervento a tutta la popolazione, sia a mezzo della stampa locale sia tramite i media.

*ment bus services put on to enable passengers to travel while services were suspended.*

*The following measures were implemented in particular:*

- *Line S20 Bellinzona-Locarno (half-hourly service with interruption between Cadenazzo and Giubiasco stations): as planned (see § 3.3), trains terminated at Cadenazzo and Giubiasco and, in particular, those from Bellinzona were terminated on tracks 5 and 6 of Giubiasco station whilst trains from Locarno and Ranzo Confine-Luino were terminated at Cadenazzo on tracks 2 and 3. South of Cadenazzo, three Stadler Flirt four-car multiple units were made available for passengers travelling to Locarno. At Giubiasco and Cadenazzo stations, the trains arrived and departed according to the official timetable. Replacement bus bays were set up and signposted at both stations, with passengers directed to them by fixed signage and variable messaging. In particular, the bays at Giubiasco station were arranged according to the direction of travel (N-S or S-N) on opposite sides of the station. It was decided that passenger flows in that station would have to be kept strictly separate based on their direction, in order to prevent crowding in the underpass and on the walkways. SBB staff were on hand at all times at both stations to provide assistance and additional information to passengers. The replacement buses followed a predefined route between the two stations and the most critical crossroads without traffic lights were staffed by traffic officers to guarantee the planned transfer time (maximum 25 minutes);*
- *Line S30 Bellinzona-Ranzo Confine-Luino-Malpensa (a two-hourly service with interruption between Cadenazzo and Giubiasco stations): trains from the south were terminated at Cadenazzo station. Passengers were then taken by bus to Giubiasco station, from where they were able to continue their journey using the S10 Chiasso-Bellinzona line service (every half hour);*
- *National services (IR hourly services with interruption between Cadenazzo and Giubiasco stations): national Zurich-Locarno and Basel-Locarno services (both every two hours) were terminated at Giubiasco station (southbound). As the Cadenazzo-Locarno section is only 14 km and single-track, and it was not possible or economical to plan a similar dedicated service on the isolated section, passengers at Cadenazzo station continued their journey using the S20 line services.*

*Each replacement bus driver was connected to their coordination manager on a permanent basis who, in turn, was in contact with the SBB CER in Bellinzona, which was responsible for managing the operation and train service on the Chiasso-Arth-Goldau section.*

*In total, the maximum passenger delays were kept to 30 minutes for regional services and 60 minutes for national services (Fig. 24).*

Partenza	Destinazione	Binario	Informazioni
<b>IR</b>	12.50 Basel SBB	5	60 min di ritardo
<b>S10</b>	12.56 Castione-Arbedo	4	
<b>S10</b>	13.00 Albate-Camerlata	3	
<b>S20</b>	13.04 Cadenazzo Locarno		Soppresso
<b>S20</b>	13.22 Castione-Arbedo	6	
<b>S10</b>	13.26 Bellinzona Biasca	4	
<b>S10</b>	13.30 Lugano Chiasso	3	
<b>S20</b>	13.34 Cadenazzo Locarno		Bus sostitutivo
<b>S20</b>	13.52 Castione-Arbedo	6	
<b>S10</b>	13.56 Castione-Arbedo	4	
<b>S10</b>	14.00 Albate-Camerlata	3	

Lavori di manutenzione: linee interrotte tra Giubiasco e Cadenazzo fino a Lu 11 ore 2.00. Treni soppressi tra Giubiasco e Cadenazzo. Circolano bus sostitutivi.

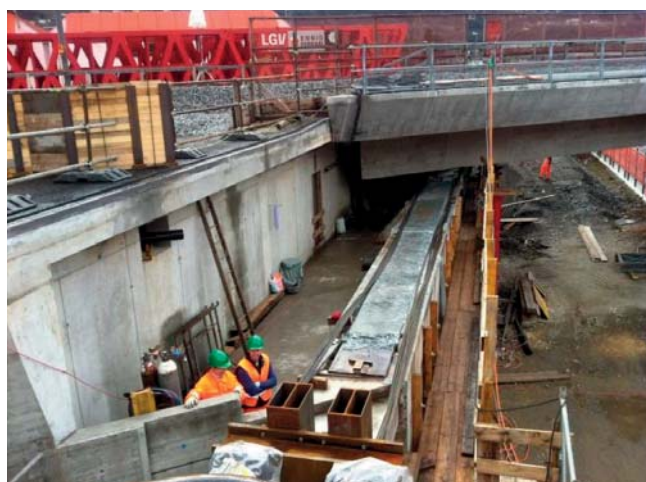
(Fonte - Source: M. CORRADINI)

Fig. 24 - Informazioni alla clientela: monitor della stazione di Giubiasco.

Fig. 24 - Customer information: Giubiasco station monitor.

Con opportuno preavviso sono stati distribuiti a tutti i fuochi presenti sul territorio prossimo al cantiere dei prospetti informativi congiunti ATG-FFS sulle lavorazioni previste e, tramite gli specifici canali FFS, le informazioni inerenti la gestione del servizio ferroviario e i servizi sostitutivi durante l'interruzione totale della linea Bellinzona-Locarno.

In data 01.03.2013 è stato pubblicato il comunicato stampa di FFS, a livello nazionale, che ha dato informazioni dettagliate sulle perturbazioni e modifiche alla circolazione dei treni previste nel periodo 09.03.2013-11.03.2013. A pochi giorni di distanza è stato emesso anche il comunicato stampa AlpTransit che, oltre a riprendere le informazioni già fornite da FFS, si è maggiormente concentrato sulla descrizione della traslazione del nuovo impalcato nord al di sopra dell'autostrada A2. Per le persone interessate ad assistere in tempo reale alla trasla-



(Fonte - Source: M. CORRADINI)

Fig. 25 - Lubrificazione con grasso speciale delle piastre di acciaio necessarie per permettere lo scorrimento degli appoggi sulle stesse.

Fig. 25 - Lubricating the steel plates. This was required in order for supports to be slid onto them with special grease.

For goods traffic, railway transport companies had to transfer some of their resources (i.e. tractive rolling stock and machine operators) from the canton of Ticino to the canton of Valais (at Brig station) once services were rerouted along the Simplon corridor. The rerouting had no negative impact on the timetable.

## e) Information

In accordance with customary practice at AlpTransit and SBB, specific information on the operation was given to the whole of the general public via local press and the media.

Joint ATG-SBB information leaflets about the planned works were duly distributed to all houses in the area close to the construction site in advance and information relating to the management of the train service and replacement services during the total interruption of the Bellinzona-Locarno line was issued via specific SBB channels.

On 1 March 2013, SBB put out a nationwide press release providing details of the disruptions and changes to the train services planned between 9 and 11 March 2013. A few days later, AlpTransit also issued a press release and, as well as reiterating the information already provided by SBB, focused mainly on describing how the new north deck was to be moved over the A2 motorway. An appropriate area was set aside in a position overlooking the site for anyone interested in witnessing the structure being moved "live".

## 6. Description of the works

The pictures (Figs. 25 to 44) illustrate the sequence of the main phases of work carried out to prepare and execute the move of the north deck of the railway bridge over the A2



(Fonte - Source: M. CORRADINI)

Fig. 26 - Appoggio del manufatto: dettaglio dell'attacco provvisorio del dispositivo di traslazione. L'appoggio è ancora privo degli elementi di fissaggio necessari ad impedirne la deformazione durante la traslazione.

Fig. 26 - Structure support: a detailed view of the provisional attachment of the transfer device. The support has not yet been fitted with the securing elements required to prevent it from deforming during the move.





(Fonte - Source: M. CORRADINI)

Fig. 27 - Rimozione delle campate di binario del tracciato esistente: tale operazione avviene in concomitanza allo sbarramento totale della linea ferroviaria Nr. 630.

*Fig. 27 - Removing the existing track sections while services on railway line 630 were suspended.*



(Fonte - Source: M. CORRADINI)

Fig. 29 - Operazione di posa delle campate del binario 300 - LEM630 sull'impalcato.

*Fig. 29 - Operation to install the sections of track 300 (EML630) on the deck.*



(Fonte - Source: M. CORRADINI)

Fig. 31 - Le stesse attività di Figg. 20 e 21 sono state ripetute quasi nella stessa sequenza anche per il binario 400.

*Fig. 31 - The same activities as in Figs. 20 and 21 were repeated for track 400 in almost the same sequence.*



(Fonte - Source: M. CORRADINI)

Fig. 28 - Rimozione della massicciata in corrispondenza dei giunti trasversali del cavalcavia e preparazione del piano di posa del futuro binario sul manufatto alla quota di progetto prevista.

*Fig. 28 - Removing the ballast adjacent to the transverse couplings of the railway bridge and preparing the ground for installing the future track on the structure at the planned project level.*



(Fonte - Source: M. CORRADINI)

Fig. 30 - Contemporaneamente ai lavori di tecnica ferroviaria in corrispondenza del cavalcavia, si eseguono gli interventi di allaccio del nuovo tracciato a sud e a nord. Nella foto, da sinistra a destra, si osservano alcune attività in corso sul rilevato adiacente al cavalcavia: esecuzione del posizionamento plano-altimetrico del nuovo binario 300 LEM 630 con macchina rincalzatrice; stesa (a mezzo di escavatore a doppia via) del primo strato di massicciata sul tracciato del futuro binario 400 LEM630; movimentazione, a mezzo di treno di scavo, della massicciata non più necessaria e a servizio dei dismessi binari 300 e 400 LEM630 provvisoria.

*Fig. 30 - While the railway technology works were ongoing adjacent to the railway bridge, operations were carried out to connect the new track in the south and north. The photo shows activities in progress on the embankment next to the railway bridge, from left to right: planimetric siting of new track 300 EML 630 using a ballast tamping machine; scattering the first layer of ballast on the route of the future track 400 EML630 (using a double track excavator); using an excavation train to remove ballast no longer required and servicing the decommissioned tracks 300 and 400 (provisional EML630).*



(Fonte - Source: AlpTransit SA)

Fig. 32 - Alle ore 23.45 del 09.03.2013 le attività preliminari di tecnica ferroviaria e di opere civili sono concluse e può avere inizio, dopo le necessarie verifiche, la traslazione orizzontale dell'impalcato.

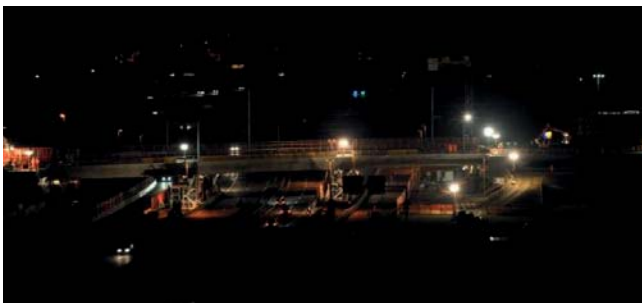
*Fig. 32 - The preliminary railway technology and civil engineering activities were completed at 11.45 p.m. on 9 March 2013 and the horizontal transfer of the deck could then start following the necessary checks.*



(Fonte - Source: M. CORRADINI)

Fig. 34 - Particolare di uno degli appoggi dell'impalcato mentre scorre al di sopra della piastra lubrificata.

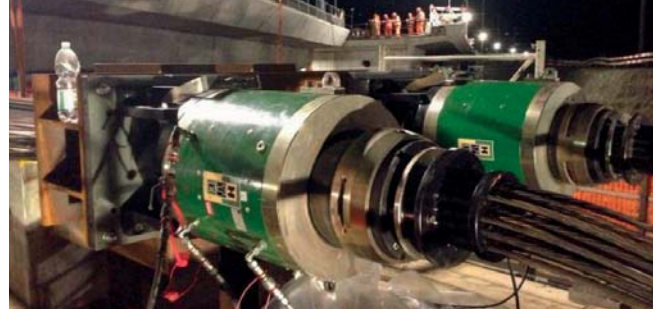
*Fig. 34 - Part of one of the deck supports as it slides over the lubricated plates.*



(Fonte - Source: AlpTransit SA)

Fig. 35 - Vista dell'impalcato durante la traslazione: la circolazione autostradale è consentita e non si sono rese necessarie misure di sicurezza supplementari.

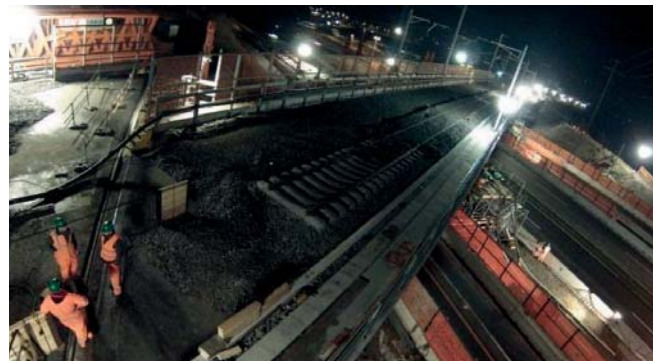
*Fig. 35 - View of the deck during the move: motorway traffic can flow and no additional safety measures are required.*



(Fonte - Source: AlpTransit SA)

Fig. 33 - Primo piano di una delle coppie di martinetti idraulici posizionati in corrispondenza degli appoggi dell'impalcato. I martinetti posti in corrispondenza delle pile avevano, ciascuno, una capacità di tiro pari a 2,5 MN (totale 5 MN), quelli in corrispondenza delle spalle ciascuno pari a 1 MN (totale 2 MN).

*Fig. 33 - Close-up of one of the couples of hydraulic jacks located adjacent to the deck supports. Each of the jacks adjacent to the piles had a catenary tension of 2.5 MN (total 5 MN) and those adjacent to the abutments 1 MN (total 2 MN).*



(Fonte - Source: AlpTransit SA)

Fig. 36 - La traslazione di 14,56 m dell'impalcato nord del cavalcavia A2, dalla sua posizione provvisoria sud alla sede definitiva, termina alle ore 05.45 del 10.03.2013, con un leggero e previsto ritardo conseguente ad un disassamento di circa 3 cm di uno degli appoggi rispetto al risparmio già predisposto nel pulvino della pila. Il controllo sull'esattezza del raggiungimento della posizione finale è stato automaticamente determinato dall'allineamento di ogni appoggio con il suo corrispondente risparmio nelle spalle e nelle pile, elementi che erano già stati realizzati in fase di costruzione delle rispettive parti d'opera. Il manufatto, della lunghezza di  $\approx 105$  m e del peso di  $\approx 4'000$  t, viene quindi fissato sui suoi alloggiamenti definitivi.

*Fig. 36 - The operation to move 14.56 m of the north deck of the A2 railway bridge from its temporary south position to its final site was completed at 5.45 a.m. on 10 March 2013, with a slight delay, as forecast, caused by the misalignment of one of the supports by approximately 3 cm in respect of the hollow already made in the pile pulvino. The precision of the final position was checked automatically by verifying the alignment of each support with its corresponding hollow in the abutments and piles, elements that had already been built during the construction of the respective structural parts. The structure,  $\approx 105$  m long and weighing  $\approx 4,000$  t, was then secured to its final housings.*





(Fonte - Source: M. CORRADINI)

Fig. 37 - Si eseguono i controlli di misura in corrispondenza dei giunti trasversali tra spalle ed impalcato prima di iniziare le attività di foratura della piastra per la costruzione dei giunti definitivi.

*Fig. 37 - Measurement checks are carried out on the transverse couplings between abutments and deck before initiating the plate drilling activities to construct the final couplings.*



(Fonte - Source: M. CORRADINI)

Fig. 39 - In netto anticipo rispetto alla programmazione definita, nella tarda serata del 10.03.2013 la prima metà di ciascun giunto trasversale è già completa e si attende la solidificazione del bitume posato in corrispondenza della seconda metà del giunto.

*Fig. 39 - Late in the evening on 10 March 2013, i.e. well ahead of schedule, the first half of each transverse coupling is already complete, and workers wait for the bitumen laid adjacent to the second half of the coupling to set.*



(Fonte - Source: M. CORRADINI)

Fig. 38 - 10.03.2013: le squadre specializzate eseguono la prima metà di ciascuno dei due giunti trasversali, ovvero, quella al di sotto del futuro binario 400 LEM630 (tale binario dovrà essere in esercizio per le ore 05.00 del 11.03.2013). Terminata la prima metà di ogni giunto, sfruttando l'apposita ritenuta ghiaia già realizzata in corrispondenza di ogni spalla ed estremità dell'impalcato (ben visibile nella foto in alto e nella Fig. 22), senza soluzione di continuità prosegue la costruzione dei due giunti trasversali anche al di sotto del futuro binario.

*Fig. 38 - 10 March 2013: specialist teams carry out the first half of each of the two transverse couplings, i.e. below future track 400 EML630 (this track would have to be ready by 5 a.m. on 11 March 2013). Once the first half of each coupling is completed, using the appropriate amount of gravel already withheld adjacent to each abutment and end of the deck (clearly visible in the photo at the top and in Fig. 22.), construction of the two transverse couplings continues seamlessly below future track 300 as well.*



(Fonte - Source: M. CORRADINI)

Fig. 40 - Attività di tecnica ferroviaria sull'impalcato nord già traslato nella sua posizione definitiva: posa delle campate di binario in corrispondenza dei giunti trasversali.

*Fig. 40 - Railway technology activity on the north deck, which has already been moved into its final position: installation of the track lengths adjacent to the transverse couplings.*





(Fonte - Source: M. CORRADINI)

Fig. 41 - Dopo il collegamento meccanico provvisorio dei vari spezzoni di binario a mezzo di ganasce e la posa di pietrisco hanno inizio le attività di rinalzata.

Fig. 41 - After establishing a temporary mechanical connection between the different track thicknesses using jaws and laying the gravel, the banking up activities began.



(Fonte - Source: M. CORRADINI)

Fig. 43 - La mattina del 11.03.2013 riprende la circolazione ferroviaria a 80 km/h sul binario 400 LEM630.

Fig. 43 - 80 km/h train service resumes on track 400 EML630 on the morning of 11 March 2013.

zione del manufatto è stata predisposta un'apposita area in posizione dominante sul cantiere.

## 6. Descrizione dei lavori

Le immagini (Figg. da 25 a 44) illustrano la sequenza delle principali fasi di lavorazione effettuate per preparare e attuare la traslazione dell'impalcato nord del cavalcavia sull'autostrada A2, dalla sua posizione provvisoria a quella definitiva.



(Fonte - Source: M. CORRADINI)

Fig. 42 - Parallelamente ai lavori sul binario si eseguono anche gli interventi di completamento della linea di contatto del binario 400 LEM630 e le altre attività sulla linea di contatto propedeutiche alla successiva messa in esercizio del binario 300 LEM630.

Fig. 42 - At the same time as the works being done on the track, operations are also carried out to complete the overhead line of track 400 EML630 and the other activities on the overhead line in preparation for putting track 300 EML630 into operation later.



(Fonte - Source: M. CORRADINI)

Fig. 44 - I giorni 11.03.2013 e 12.03.2013 si ripetono anche per il binario 300 LEM630 le attività già eseguite per il binario 400 LEM630 e rappresentate nelle figure da 39 a 42. L'immagine di sopra ritrae la squadra Linea di contatto mentre esegue il 12.03.2013 l'ultimo controllo alla catenaria prima dell'attivazione del binario 300 LEM630.

Fig. 44 - On 11 and 12 March 2013, the work already done on track 400 EML630 as illustrated in Figures 39 to 42 is repeated for track 300 EML630. The picture above shows the electrification system team making its final checks of the catenary before activating track 300 EML630 on 12 March 2013.

Alle ore 15.00 del 12.03.2013, come programmato, entrambi i binari della LEM630 Bellinzona-Locarno erano nuovamente in esercizio sul loro nuovo tracciato definitivo. Nei giorni successivi sono state svolte attività complementari e tutte le necessarie finiture che hanno concluso la Fase 2 di tecnica ferroviaria del nodo di Camorino [2].

### 7. Valutazione

Al termine della traslazione dell'impalcato nord del nuovo cavalcavia sull'autostrada A2 nella sua posizione definitiva (Figg. 45, 46 e 47), si è proceduto ad una valutazione delle attività esecutive condotte in rapporto al progetto sviluppato e agli obiettivi predefiniti.

L'obiettivo principale, ovvero la traslazione del nuovo impalcato dalla sua posizione provvisoria a quella definitiva, è stato completamente raggiunto: la nuova parte d'opera è stata infatti posizionata con successo non avendo subito danni di carattere strutturale, funzionale o estetico, durante le operazioni di traslazione. I controlli tecnici svolti da AlpTransit e dalle FFS hanno confermato la qualità di esecuzione di tutte le lavorazioni rispettivamente la piena disponibilità del nuovo manufatto per l'esercizio ferroviario.

Le differenti lavorazioni sono state condotte e concluse rispettando le tempistiche pianificate: questo ha reso possibile, prioritariamente, la riattivazione dell'esercizio ferroviario (su un binario) già nelle prime ore di lunedì 11.03.2013 (v. Fig. 43); è stato quindi assicurato il trasporto passeggeri e merci su una importante linea ferroviaria già alla ripresa settimanale delle attività commerciali e scolastiche minimizzando, di conseguenza, il disservizio per i clienti. Durante il periodo di interruzione totale della circolazione ferroviaria (da sabato 09.03.2013 – h. 12:10 a lunedì 11.03.2013 – h. 05:00 – v. Fig. 12), l'autoservizio sostitutivo ha garantito, con il supporto della Polizia Cantonale, un collegamento regolare tra le località di Cadenazzo e Giubiasco: i passeggeri che usufruivano dei collegamenti regionali viaggiavano con ritardi massimi di 30' mentre i passeggeri che usufruivano dei collegamenti nazionali viaggiavano con ritardi massimi di 60'.

Il traffico merci Gallarate-Basilea, dirottato via asse del Sempione, si è svolto in modo regolare e non sono state registrate instabilità di orario sull'asse interessato dal dirottamento.

Nell'esercizio dell'autostrada A2 non sono state rilevate perturbazioni alla circolazione veicolare.

Come dimostrato dal monitoraggio in corso d'opera e al termine delle attività esecutive, il personale stimato e impiegato si è rivelato giustamente dimensionato alle esigenze esecutive e non sono state registrate criticità nella disponibilità di mano d'opera in tutte le differenti fasi previste.



(Fonte - Source: AlpTransit SA)

Fig. 45 - Vista aerea del ponte A2 prima dell'inizio dei lavori di Alptransit (giugno 2008).

*Fig. 45 - Aerial view of the A2 bridge before the start of the AlpTransit works (June 2008).*

*motorway, starting from its temporary position and ending at its final site.*

*At 3 p.m. on 12 March 2013, both tracks of EML630 Bellinzona-Locarno were back in operation on their new final route on schedule. In the days that followed, additional activities and all the necessary finishing work were carried out to complete Railway Technology Phase 2 of the Camorino junction [2].*

### 7. Assessment

*After moving the north deck of the new railway bridge over the A2 motorway into its final position (Figs. 45, 46 and 47), the completed activities were assessed in relation to the overall project and its objectives.*

*The main objective, i.e. moving the new deck from its*



(Fonte - Source: AlpTransit SA)

Fig. 46 - Vista aerea del nuovo cavalcavia A2, sul quale è stato trasferito l'esercizio ferroviario, e del vecchio ponte A2 prima dell'inizio della sua demolizione (agosto 2012).

*Fig. 46 - Aerial view showing the new A2 railway bridge onto which the rail service was transferred and the old A2 bridge before the start of its demolition (August 2012).*





(Fonte - Source: AlpTransit SA)

Fig. 47 - Vista aerea del nuovo cavalcavia A2 con la seconda metà, a servizio della nuova linea di base del Ceneri, in costruzione (agosto 2013).

Fig. 47 - Aerial view of the new A2 railway bridge with the second half, serving the new Ceneri base line, under construction (August 2013).

## 8. Conclusioni

La traslazione dell'impalcato nord del nuovo cavalcavia sull'autostrada A2 (Figg. 45, 46 e 47) ha rappresentato, sicuramente, la più complessa, estesa e rappresentativa attività di coordinamento tra tutte quelle legate alla realizzazione del nodo ferroviario di Camorino.

Tale attività era temporalmente collocata tra due fasi esecutive altrettanto importanti, ovvero quella della preliminare demolizione dell'esistente ponte sulla A2 e quella, successiva, di costruzione del nuovo impalcato sud.

Con l'obiettivo di minimizzare gli effetti negativi delle attività menzionate sull'esercizio della linea ferroviaria Bellinzona-Locarno, sull'autostrada A2 e sulla linea elettrica di trasporto FFS 70L, è stata condotta una intensa attività di coordinamento tra tutti i partner di progetto coinvolti allo scopo di individuare, in modo dettagliato, tutte le principali problematiche e trovare le migliori soluzioni esecutive. In particolare:

- lo studio accurato delle fasi esecutive ha permesso di ridurre al minimo possibile l'interruzione totale dell'esercizio ferroviario sulla linea ferroviaria Bellinzona-Locarno (41 ore);
- il coordinamento con le FFS ha permesso di identificare la finestra temporale migliore per interrompere l'esercizio ferroviario e definire le migliori strategie di mitigazione del disservizio (progetto dell'autoservizio sostitutivo, gestione ottimale dei flussi dei passeggeri nelle stazioni di trasbordo, dirottamento delle tracce merci su percorsi alternativi e coordinamento dell'integrazione sulla rete ferroviaria delle tracce dirottate con quelle normalmente pianificate);

temporary position to its final site, was achieved in full: the new element was successfully positioned with no structural, functional or aesthetic damage during the move. The technical checks performed by AlpTransit and SBB confirmed the quality of all the works and the full availability of the new structure for railway operation.

The various works were carried out and completed on schedule: this made it possible to resume rail services as a priority (on one track) by the early hours of Monday, 11 March 2013 (see Fig. 43). Therefore, passenger and goods transport was ensured on an important railway line by the time weekday business and school activities resumed, minimising disruption for customers. During the suspension of rail services (from 12.10 p.m. on Saturday, 9 March 2013 to 5 a.m. on Monday, 11 March 2013), the replacement bus service provided a regular link to Cadenazzo and Giubiasco with the support of the cantonal police: passengers who used regional services were able to travel with at most a 30-minute delay, while those using national services experienced delays of no more than 60 minutes.

Gallarate-Basel goods traffic, which was diverted along the Simplon corridor, operated regularly and no timetable instability was recorded on the corridor affected by the diversion.

No disruptions to vehicular traffic were identified in the use of the A2 motorway.

As demonstrated by the monitoring activities during and after the works, the estimated staff proved appropriate for the works and no critical issues were recorded in terms of available labour throughout the various phases.

## 8. Conclusions

Moving the north deck of the new railway bridge over the A2 railway (Figs. 45, 46 and 47) was undoubtedly the most complex, extensive and significant coordination task undertaken by all parties associated with the construction of the Camorino railway junction.

This operation took place between two equally important phases: the preliminary demolition of the existing bridge over the A2 and the construction of the new south deck.

To minimise the negative impact of these activities on the operation of the Bellinzona-Locarno railway line, A2 motorway and SBB transmission line 70L, a close coordination was required between all the project partners involved in order to identify all the main problems in detail and find the best solutions. In particular:

- an accurate study of the working phases enabled the suspension of rail services on the Bellinzona-Locarno railway line to be kept to a minimum (41 hours);
- coordination with SBB made it possible to identify the best window for suspending rail services and define the best strategies for mitigating the disruption (replacement bus service schedule, optimum management of passenger flows in the transfer stations, diversion of



c) le analisi di sicurezza del cantiere e del lavoro hanno permesso di evidenziare i conflitti dell'utilizzo di mezzi meccanici di sollevamento con bracci di lunghezza elevata con importanti impianti FFS sotto tensione; ciò ha permesso di adottare i mezzi di cantiere più adatti al raggiungimento degli obiettivi di progetto.

Sono stati coinvolti, coordinati ed informati tutti gli enti che, a vario titolo, si occupano della gestione di infrastrutture in Svizzera, vale a dire AlpTransit (commitente e responsabile del coordinamento e dell'esecuzione dell'intero intervento); FFS (in particolare i servizi di Pianificazione dell'orario, Progetti, Manutenzione, Sorveglianza, Sicurezza, Esercizio); USTRA; Cantone Ticino; Polizia Cantonale; La Posta (per il servizio relativo agli autobus sostitutivi); tutte le imprese e consorzi operanti su mandato di AlpTransit sugli altri lotti in costruzione e interessati dai lavori presentati; mezzi di comunicazione; SUVA e tutti i servizi di soccorso e sicurezza (servizio ambulanza e vigili del fuoco).

Dunque, il punto focale è rappresentato dal fatto che prima di iniziare il complesso coordinamento dei lavori si è svolta una oltremodo approfondita e accurata fase di studio e riflessione di tutte le possibili e plausibili problematiche che si sarebbero potute presentare e, di fatto, sviluppando di conseguenza una accurata e stabile pianificazione che ha permesso il raggiungimento di tutti gli obiettivi predefiniti.

*goods routes to alternative lines and coordination of the integration of the diverted routes with the regular services already planned on the railway network);*

c) *the construction site and work safety analyses made it possible to highlight conflicts between the use of long-arm mechanical lifting equipment and major SBB live plant; this allowed site equipment that was better aligned with achieving the project objectives to be used.*

*All entities responsible for infrastructure management in Switzerland in various capacities were involved, coordinated and informed. These were: AlpTransit (client responsible for the coordination and performance of the entire project); SBB (in particular the Timetable Planning, Projects, Maintenance, Surveillance, Safety and Operation Departments); FEDRO; the canton of Ticino; the cantonal police; Swiss Post (for the replacement bus service); all companies and consortia operating on behalf of AlpTransit on the other sets of construction work that were affected by the works presented here; the media; SUVA; and all the emergency and safety services (ambulance and fire service).*

*In conclusion, therefore, the crucial factor in play here was the fact that an extremely in-depth and accurate phase of study and reflection was completed before the complex process of coordinating the various tasks began. This covered all the possible and plausible problems that might arise and resulted in the production of an accurate and robust plan that enabled all the objectives set to be achieved.*

### BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] Lotto 771, Cavalcavia A2 - Progetto esecutivo CIPM (Consorzio Ingegneri Piano di Magadino), Studio d'Ingegneria G. Dazio & Associati SA.
- [2] MONTINI M., CORRADINI, M., "L'assetto funzionale del nodo AlpTransit di Camorino e la previsione del comportamento della sovrastruttura ferroviaria", Ingegneria Ferroviaria, Luglio 2013 – Numero 8, Pag. 661 - Video completo della traslazione: <http://www.youtube.com/watch?v=ZS2gsljSgUg&feature=youtu.be>.