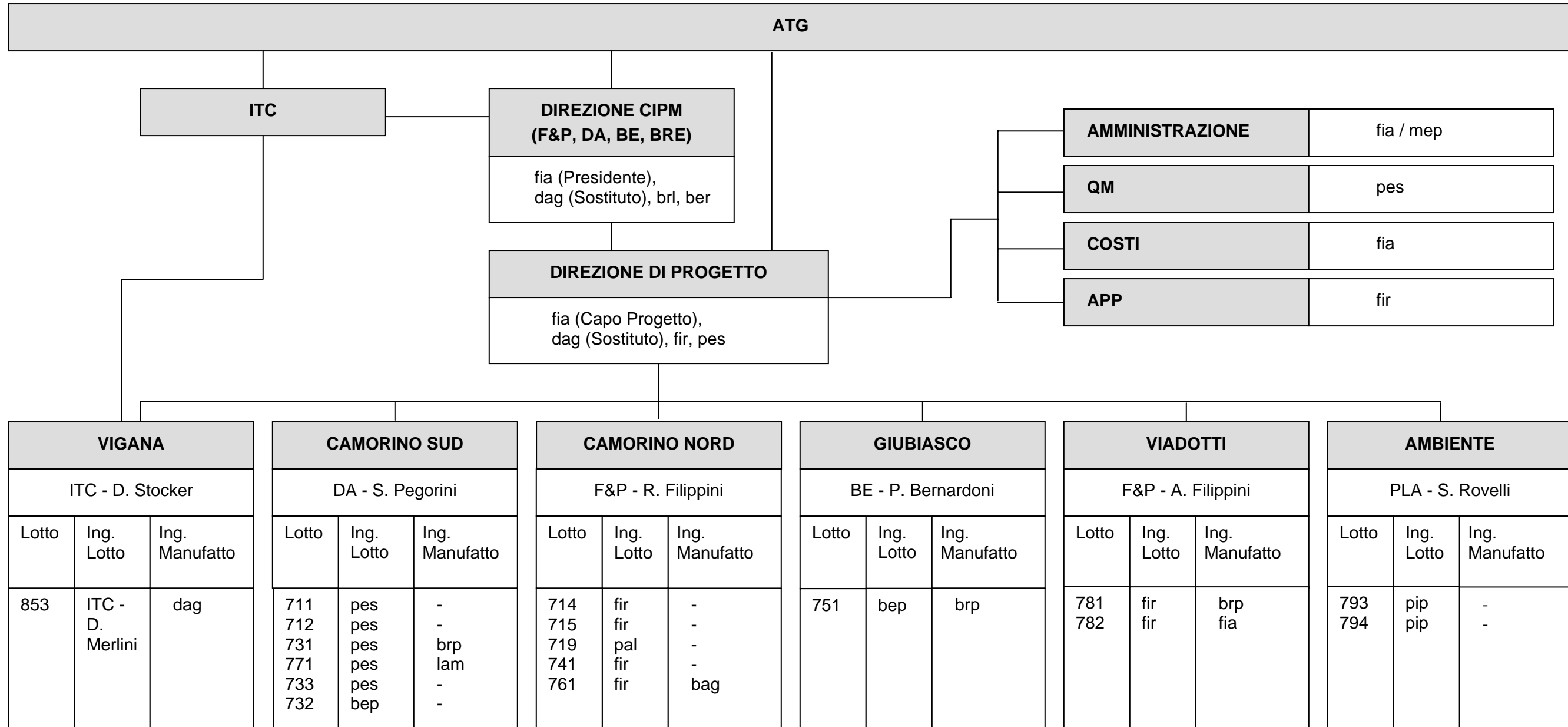


FIRMENPORTRAIT

- Organigramm
- Kompetenzenareale
- Mitarbeiterliste
- Tracés Nr. 22 - AlpTransit au Tessin -
Nodo di Camorino, A. Filippini - T. Bühler, 14.11.2007
- ISO - Zertifikat

Biasca, 31.07.2008 / FIR-pee



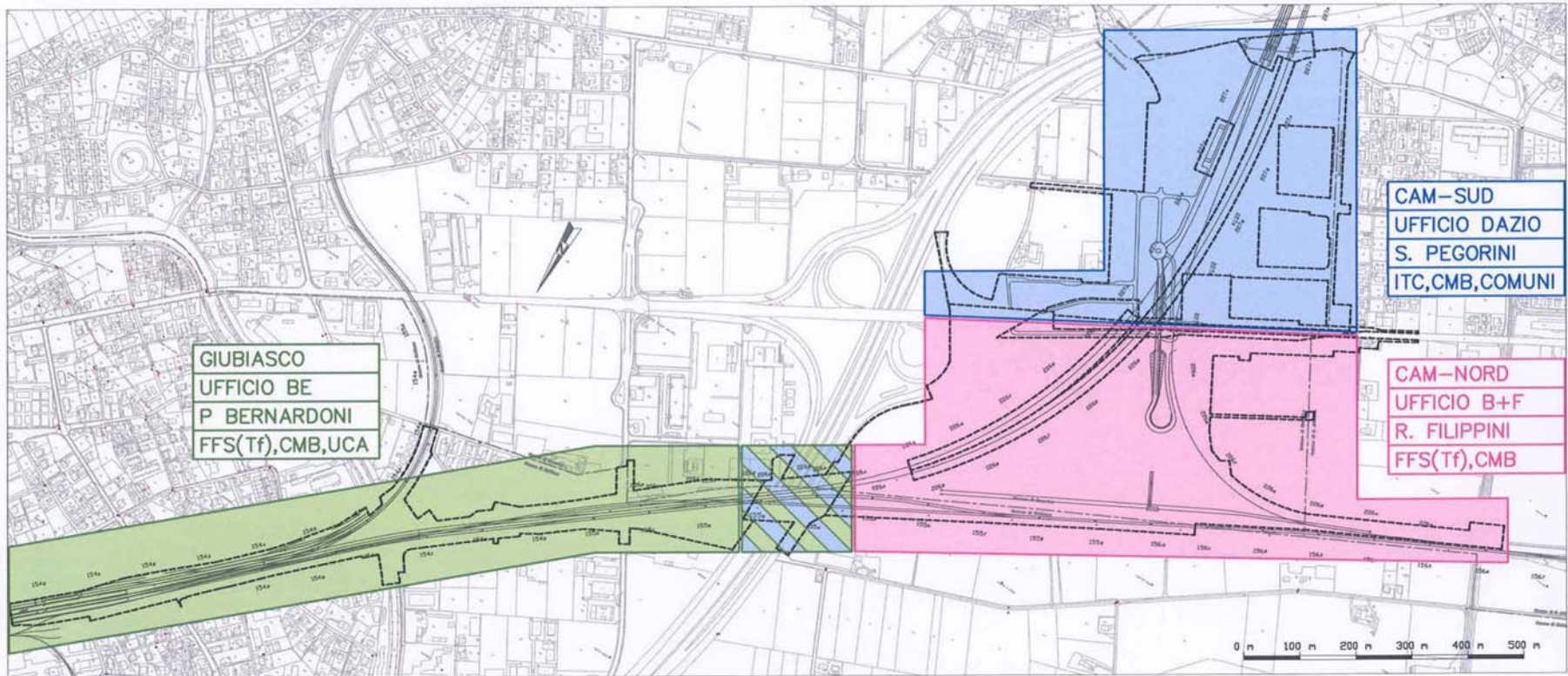
SPECIALISTI			
GEOLOGIA:	Leoni Gysi Sartori SA (LGS)		AMBIENTE: Planidea SA (PLA)
ELETTROMECCANICA:	Elettroprogetti SA (EP)		TRAFFICO: Studio d'ingegneria M. Ferella-Falda (FE)

Legenda:

F&P - Filippini & Partner Ingegneria SA	PLA - Planidea SA	brp - Brenni Pietro	BRE	lam - Laffranchi Massimo	FL
DA - Studio d'ingegneria Gianfranco Dazio SA	EP - Elettroprogetti SA	bep - Bernardoni Paolo	BE	mep - Medaglia Piera	F&P
BE - Studio d'ingegneria Bernardoni SA	FE - Studio d'ingegneria M. Ferella Falda	ber - Bernardoni Roberto	BE	pal - Pasci Luca	F&P
BRE - Studio d'ingegneria Luigi Brenni		dag - Dazio Gianfranco	DA	pes - Pegorini Samuele	DA
B&P - Balmelli & Partner Ingegneria SA	bag - Balmelli Giovanni	fia - Filippini Augusto	F&P	pip - Piattini Paolo	PLA
FL - Fürst Laffranchi GmbH	brl - Brenni Luigi	fir - Filippini Raffaele	F&P		

CIPM – Organizzazione di progetto

Aree di competenza



CONSORZIO INGEGNERI PIANO DI MAGADINO

Mitarbeiterliste (Stand 12.2007)

Name, Vorname	Partnerbüro	Ausbildung	Abschluss	Funktion in der Unternehmung	(seit)	Honorar-kategorie
Filippini Augusto	Filippini & Partner Ing. SA	Ing. civ. dipl. ETH	1966	Presidente	(1972)	A/B
Balmelli Giovanni	Filippini & Partner Ing. SA	Ing. civ. dipl. ETH/STS	1966	Membro CDA	(1972)	A/B
Filippini Raffaele	Filippini & Partner Ing. SA	Ing. civ. dipl. ETH	1998	Direttore	(2003)	C/B
Grassi Gianfranco	Filippini & Partner Ing. SA	Ing. tecnico dipl. STS	1972	Ingegnere	(1972)	C
Marino Riccardo	Filippini & Partner Ing. SA	Ing. civ. dipl. Poli Milano	2001	Ingegnere	(2007)	D
Mattera Stefano	Filippini & Partner Ing. SA	Ing. civ. dipl. Poli Milano	2002	Ingegnere	(2006)	D
Grassi Gabriele	Filippini & Partner Ing. SA	Dis. genio civile dipl.	1965	Direzione Lavori	(1988)	D
Pasci Luca	Filippini & Partner Ing. SA	Assistente tecnico dipl. SAT	1990	Direzione Lavori	(2005)	D
Reumer Fabian	Filippini & Partner Ing. SA	Dis. genio civile dipl. Direttore lavori sottostrutture	1990	Direzione Lavori	(2004)	D
Filippini Oscar	Filippini & Partner Ing. SA	Informativo	2001	Disegnatore	(2002)	E
Medaglia Piera	Filippini & Partner Ing. SA	Segretaria dipl. Scuola comm. professionale	1982	Contabile	(1999)	E
Solari Daiana	Filippini & Partner Ing. SA	Impiegata di commercio dipl.	2002	Segretaria	(2004)	F
Pè Elisa	Filippini & Partner Ing. SA	Impiegata di commercio dipl.	2003	Segretaria	(2007)	F
Balaj Lavdim	Filippini & Partner Ing. SA	Apprendista dis. genio civile		Apprendista	(2004)	½ G
Bajgora Astrit	Filippini & Partner Ing. SA	Apprendista dis. genio civile		Apprendista	(2006)	½ G
Dazio Gianfranco	Dazio SA	Ing. dipl. ETHZ	1962	Amministratore	(1973)	A/B
Pegorini Samuele	Dazio SA	Dott. Ing. dipl. Poli Milano	2000	Direttore	(2001)	C/B
Moccia Ivano	Dazio SA	Ing. dipl. STS	1989	Ingegnere	(1990)	C/D
Artioli Virgilio	Dazio SA	Ing. Tec. Sup. Geometri	1969	Tecnico	(1979)	D
Fasani Fredy	Dazio SA	Disegnatore GC	1966	Tecnico	(1985)	D
Fasani Dario	Dazio SA	Tecnico ST	2001	Tecnico costruttore	(2002)	E
Dazio Bea	Dazio SA	Scuola di commercio		Segretaria	(1973)	E
Rossi Francesco	Dazio SA	Ing. dipl. SUP	1991	Ingegnere progettista	(2006)	C
Gattella Alessandro	Dazio SA	Disegnatore genio civile	2002	Disegnatore	(2007)	D

CONSORZIO INGEGNERI PIANO DI MAGADINO

Name, Vorname	Partnerbüro	Ausbildung	Abschluss	Funktion in der Unternehmung	(seit)	Honorar-kategorie
Bernardoni Roberto	Bernardoni SA	Ing. civ. dipl. ETHZ	1966	Presidente	(1971)	A/B
Bernardoni Paolo	Bernardoni SA	Ing. civ. dipl. ETHZ	1998	Direttore	(2005)	C/B
Bernasconi Roberto	Bernardoni SA	Ing. civ. dipl. STS	1981	Ingegnere	(1972)	C
Plutino Franco	Bernardoni SA	Scuola tecnica	1968	Tecnico	(1972)	C
Albonico Luca	Bernardoni SA	Ing. civ. dipl. Poli Milano	1999	Ingegnere	(2007)	D
Viola Ugo	Bernardoni SA	Ing. civ. dipl. UNI Pavia	2004	Ingegnere	(2006)	D
Castegnaro	Bernardoni SA	Disegnatore genio civile	1986	Disegnatore g.c. + c.a.	(2004)	E
Porta Gianfranco	Bernardoni SA	Disegnatore genio civile	1983	Disegnatore g.c. + c.a.	(2002)	E
Pellegrinelli Martina	Bernardoni SA	Scuola di commercio	1996	Segretaria	(2000)	F
Zanchi Romana	Bernardoni SA	Scuola di commercio	1979	Segretaria	(2007)	F
Brenni Luigi	Luigi Brenni	Ing. civ. dipl. ETHZ/SIA/OTIA	1963	Titolare	(1974)	A/B
Brenni Pietro	Luigi Brenni	Dr. sc. Techn. Ing. civ. dipl. ETHZ/SIA/OTIA	1989 1995	Direttore	(2006)	A/B
Caprani Floriano	Luigi Brenni	Perito ind. Edile Istituto tecnico superiore	1961	Ingegnere progettista DL	(1994)	C
Favino Raoul	Luigi Brenni	Ing. civ. dipl. Poli Milano	2001	Ingegnere progettista	(2006)	C
Barabino Gianni	Luigi Brenni	Ing. civ. dipl. STS	1975	Ingegnere progettista	(1990)	C
Mariani Cesare	Luigi Brenni	Tecnico disegnatore	1963	Disegnatore genio civile	(1994)	E
Testardi Ottavio	Luigi Brenni	Disegnatore genio civile	1966	Disegnatore genio civile	(2000)	E
Grandi Dino	Luigi Brenni	Disegnatore genio civile	1975	Disegnatore genio civile	(1989)	E
Ponzoni Cheina	Luigi Brenni	Disegnatrice edile e genio	2002	Disegnatrice genio civile	(2002)	E
Zanotti Marina	Luigi Brenni	Scuola comm. professionale	1984	Segretaria	(1989)	F

Mitarbeiter per Ende 2007: 44

Biasca, 20. Februar 2008

Nodo di Camorino

On a souvent tendance à réduire le projet des NLFA à sa seule dimension souterraine : les tunnels de base. Cependant, les travaux réalisés au Tessin comprennent aussi une vaste réorganisation des voies de circulation à proximité du portail Nord du tunnel du Ceneri, qui nécessite l'usage d'une ingénierie variée.

Les installations ferroviaires qui assurent la liaison entre le portail Nord du tunnel de base du Ceneri et la ligne existante Bellinzona - Locarno/Luino forment ce qu'on appelle le « Nodo di Camorino ». Ce dernier, qui doit son nom à celui de la commune dans laquelle il se trouve, se situe en outre à proximité de la jonction Bellinzona Sud de l'autoroute A2, ce qui ajoute une composante routière à cet imbroglio de voies de circulation (fig. 1).

Les composants du noeud

La zone du Nodo di Camorino s'étend sur un territoire de 2,5 km selon la direction Est-Ouest et d'un kilomètre dans la direction Nord-Sud. Les travaux commencés en 2006 (en bleu et rouge sur fig. 2) constituent la première partie d'un



complexe ferroviaire en forme de croix dont l'axe Est-Ouest correspond à la liaison Bellinzona - Locarno/Luino alors que l'axe Sud-Nord est défini par le tunnel de base du Ceneri et le futur tronçon en direction du Nord à travers la Plaine de Magadino (en vert sur fig. 2). La solution des problèmes engendrés par les croisements et les liaisons de la ligne ferroviaire implique aussi une réorganisation importante du réseau routier, en particulier la mise en souterrain de la route cantonale à quatre voies en direction de Locarno.

Si on fait abstraction des travaux concernant les portails Nord du tunnel de base et leur raccordement, notamment le passage de la ligne sous l'autoroute A2 (voir article p. 16), les principaux ouvrages d'art à réaliser à proximité de Camorino sont les suivants :

- deux viaducs à une voie ayant des longueurs de 1010 et 440 m,
- un passage supérieur à quatre voies de 100 m au-dessus de l'autoroute A2,
- un pont à quatre voies de 30 m sur la Morobbia,
- un passage inférieur de 400 m pour la route cantonale à quatre pistes.

Le texte qui suit présente les aspects les plus intéressants du franchissement supérieur de l'autoroute A2 et du viaduc de Lugano - Bellinzona, le plus long des deux construits à Camorino.

Terrains instables de la Plaine de Magadino

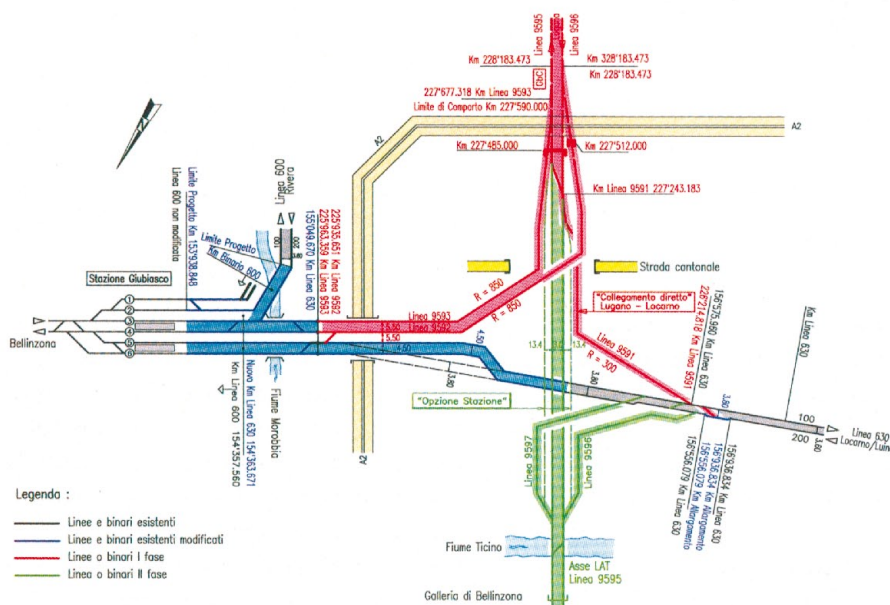
Les sédiments fluviaux et lacustres de la Plaine de Magadino atteignent une profondeur de 200 m. Devant le portail Nord, sous une première couche de 6 à 8 m présentant une structure graveleuse (fig. 3), on rencontre une alternance de formations de limons sableux ayant une matrice partiellement organique, des sols connus comme particulièrement instables. Entre le Sud de la route cantonale et les portails du tunnel, le futur projet ferroviaire vers le Nord à travers la Plaine de Magadino passe par la réalisation d'un important remblai de 2 à 4 m d'épaisseur, pour une longueur de 600 m et une largeur de 30 m. La mise en place de ce remblai sur les sédiments va provoquer des tassements importants qui

Fig. 1: Vue générale depuis l'Est de la sortie Nord du tunnel

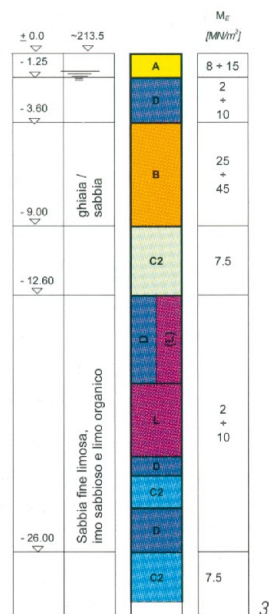
Fig. 2: Topologie du Nodo di Camorino

Fig. 3: Géologie – Profil caractéristique

Fig. 4: Vue aérienne Nord-Est avec le passage supérieur existant au premier plan



Legenda :
 ———— Linee e binari esistenti
 ———— Linee e binari esistenti modificati
 ———— Linee o binari I fase
 ———— Linee o binari II fase



2

s'étendront sur quelque 100 m de part et d'autre de la voie et devraient atteindre jusqu'à 80 cm au centre du remblai. Pour anticiper ce phénomène, le remblai sera construit près de trois ans avant les différents ouvrages, avec un supplément d'environ 2 m de matériaux pour créer une précharge des sols de fondation.

Ces travaux de préconsolidation doivent permettre de limiter l'effet sur les ouvrages des tassements résiduels créés par le remblai. Quant aux tassements dus à la réalisation des ouvrages eux-mêmes, ils devraient être de 5 à 8 cm. A noter que ces estimations ont été calibrées à partir d'études des années 70 concernant l'autoroute voisine qui a été construite sur des terrains comparables.

Passage supérieur sur la A2

Ce passage supérieur est situé à la sortie de la Gare de Giubiasco, sur le tronçon en direction de Locarno/Luino, juste avant la future bifurcation en direction du tunnel de base (fig. 12). Il remplacera le pont actuellement en place (fig. 4) qui, outre sa vétusté, ne peut être maintenu pour des questions de situation (planimétrique et altimétrique).

Conçu en béton armé précontraint, le nouvel ouvrage se compose en fait de deux ponts parallèles avec un tablier d'une largeur voisine de 10 m, chacun des ponts devant accueillir deux voies ferrées (fig. 7). Sa longueur totale est de 105 m avec une portée maximale de 38 m pour sa travée centrale (fig. 5 et 6). En plus des culées, les deux ponts reposent sur trois appuis biaisés par rapport à l'axe général du



4

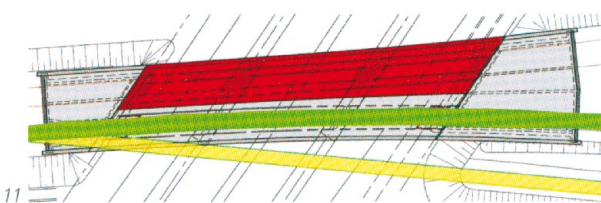
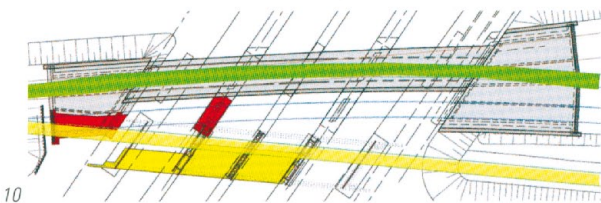
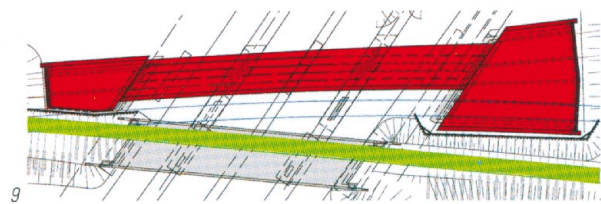
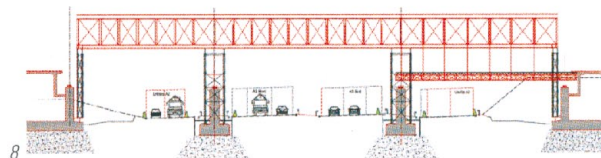
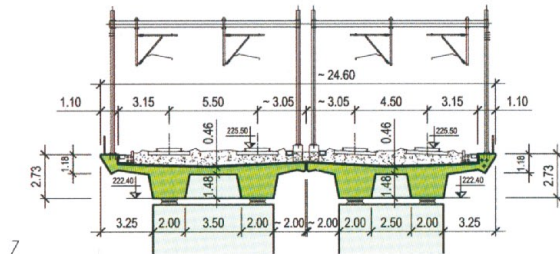
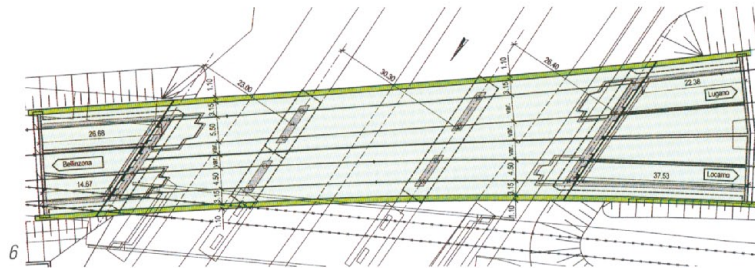
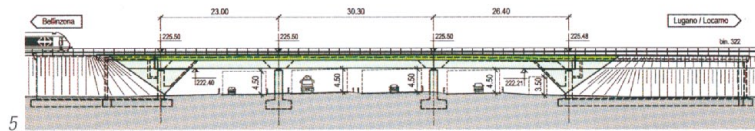
Fig. 5 à 7 : Profil longitudinal, plan et coupe transversale du passage sur l'autoroute A2

Fig. 8 : Vue schématique de l'échafaudage lors de la mise en place du plan de travail

Fig. 9 : Phase de construction de la première moitié du passage (rouge : construction, vert : en service, jaune : démolition)

Fig. 10 : Phase de démolition de l'ancien pont et de la ligne existante

Fig. 11 : Construction de la seconde moitié du passage après transfert de la première moitié à son site définitif



franchissement. Leurs tabliers sont connectés par un joint longitudinal continu.

Statiquement, les appuis des piles sont bloqués longitudinalement afin d'obtenir un effet de cadre favorable à la reprise des efforts induits par le freinage ou l'accélération des trains. La longueur du passage supérieur permet de ne mettre des joints de dilatation qu'à ses deux extrémités, rendant par là inutiles des dispositifs pour la dilatation des voies. Les accès au passage supérieur se font sur deux remblais et la transition entre ces éléments implique la construction de structures particulières pour les culées: ces dernières doivent limiter l'effet des tassements générés par les remblais qui seront construits à l'Est et à l'Ouest de l'autoroute. Ces structures de transition sont des caissons en béton armé de forme trapézoïdale, insérés directement dans les remblais (fig. 5 et 6). Leurs longueurs varient de 15 à 27 m à l'Est et de 22 à 38 m sur le côté Ouest.

Technique de construction

En matière de construction, les difficultés naissent de devoir travailler d'une part à proximité immédiate d'une ligne ferroviaire existante en service et d'autre part au-dessus d'une autoroute qui doit rester ouverte à la circulation. De plus, en raison de la proximité de la jonction autoroutière de Bellinzona Sud, le tronçon routier présente à cet endroit un total de 10 voies: quatre de transit et deux de secours auxquelles viennent s'ajouter quatre voies d'entrée et de sortie (fig. 4).

Pour minimiser la gêne au trafic, les ponts seront construits à l'aide d'une structure métallique provisoire enjambant les trois travées au Sud du pont existant (fig. 8). Celle-ci reposera sur des appuis suffisamment élevés pour qu'on puisse y suspendre le plan de travail et les coffrages devant permettre de construire les tabliers sans entraver le gabarit d'espace libre du trafic. Une fois le premier tablier réalisé (fig. 9), celui-ci sera abaissé à la hauteur de la ligne ferroviaire existante et équipé (pose du ballast et des voies). Lorsque,

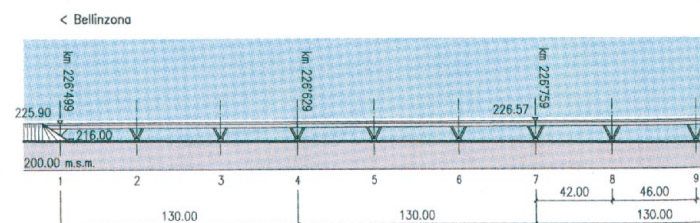


Fig. 12: Les principaux ouvrages du Nodo di Camorino

Fig. 13: Coupe transversale du viaduc Lugano - Bellinzona

Fig. 14: Profil en long du viaduc Lugano - Bellinzona

le pont aura été déposé, la structure métallique sera retirée du profil ferroviaire afin de permettre le transfert, en deux phases, de la ligne en exploitation sur le nouvel ouvrage. On pourra alors procéder à la démolition du pont existant (fig. 10), un ouvrage d'une septantaine de mètres datant de la fin des années 60. Le premier tablier sera alors translaté, avec l'ensemble de son équipement ferroviaire, pour rejoindre son emplacement définitif côté Nord. Une fois le site Sud libéré, on réutilisera une procédure similaire pour construire le second tablier (fig. 11).

Viaduc Lugano - Bellinzona

Le viaduc ferroviaire à voie unique Lugano - Bellinzona assure le raccordement du tunnel du Ceneri à la ligne entre Bellinzona et Locarno. La surélévation des voies de ce tronçon permet que le raccordement Locarno - Lugano et la future ligne AlpTransit vers le Nord restent au niveau du terrain naturel de la Plaine de Magadino. Le viaduc s'étend sur une longueur totale de 1012 m et suit une courbe ayant un rayon minimal de 850 m (fig. 12). Les voies sont situées à environ 10 m au-dessus du niveau du terrain, laissant une hauteur libre de quelque 8 m (fig. 13). Le tablier présente une section à caisson en béton armé précontraint dont la hauteur est de 2,7 m, à l'exception d'un secteur où elle atteint 3 m.

L'étude de l'interaction entre les structures portantes et la superstructure ferroviaire a conduit à diviser le viaduc en secteurs de 130 m, à l'exception d'un secteur central de 152 m imposé par un franchissement ponctuel de 62 m (fig. 14). Cette division permet de se passer de dispositifs de dilation pour les rails. Il est en effet connu que ces dispositifs sont peu favorables à l'exploitation optimale d'une ligne ferroviaire: ils présentent des risques de dysfonctionnement importants, nécessitent des contrôles et de la maintenance, sans oublier que leur coût de construction est élevé. Ils sont habituellement posés sur des tronçons rectilignes (en plan et en hauteur). Dans le cas présent, l'opérabilité d'un tronçon ferroviaire important serait compromise en cas de dommage.

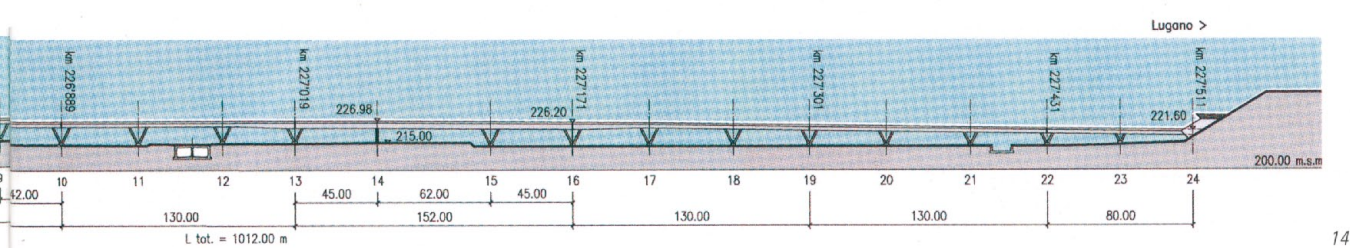
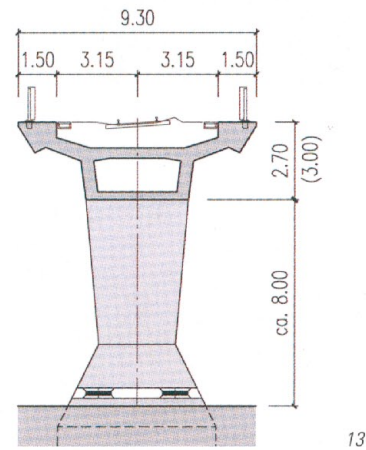
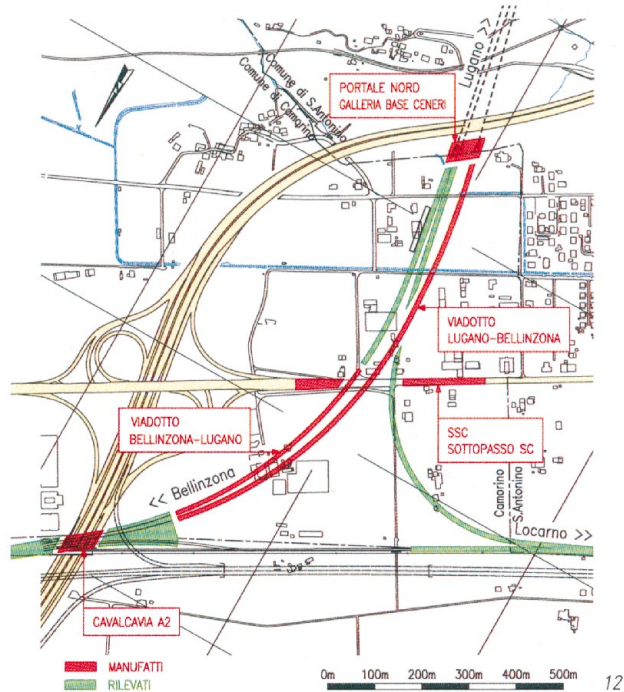
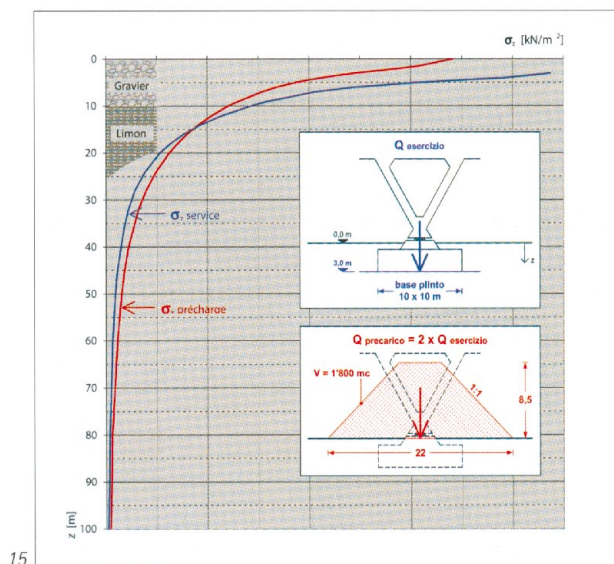


Fig. 15 : Précharge et charge de service des fondations : comparaison des contraintes verticales dans le sol

Fig. 16 : Les viaducs du « Nodo di Camorino » - photo de la maquette
(Tous les documents illustrant cet article ont été fournis par les auteurs.)



C'est finalement la courbure en plan et l'inclinaison verticale du viaduc qui ont imposé la solution adoptée. Celle-ci consiste à renoncer aux dispositifs de dilatation des rails, mais à prévoir des joints tous les 130 m pour la structure en béton. Cette solution évite que les mouvements du pont génèrent des sollicitations excessives dans les rails. Le viaduc sera donc construit en « juxtaposant » plusieurs systèmes statiques à trois travées (fig. 16).

A la structure classique d'un tablier reposant sur des piles verticales, on a préféré concevoir des appuis en V. Cette solution présente plusieurs avantages, comme de faire participer le tablier à la reprise des forces de démarrage et de freinage, de limiter les déplacements dans les joints de dilatation ou encore de réduire la sollicitation en flexion des fondations. Les appuis comprennent en outre un dispositif permettant de soulever d'environ 10 cm le tablier et compenser les inévitables tassements causés par les mauvaises caractéristiques géotechniques du sol de fondation (voir ci-dessous).



Interaction pont-voie

La voie, posée sur du ballast, comprend des traverses en béton et des rails CFF VI. La dilatation de la structure en béton du viaduc va naturellement induire des efforts dans les rails. Ces efforts peuvent notamment avoir comme effet des contraintes de compression pouvant conduire au déversement de la voie.

Le calcul des contraintes de compression générées dans les rails par les mouvements du viaduc a été fait au moyen d'un programme pour l'étude de l'interaction pont-voie (SBB I-FW-FB C. Wahler). Les sollicitations, définies par l'édition de décembre 2000 du code UIC 774-3 « Interaction voie/ouvrage d'art ; recommandation pour les calculs », comprennent le poids du train, les forces de freinage et celles nées de la dilatation du pont à la suite de variation de la température. Ces résultats sont alors comparés avec des contraintes admissibles pour s'assurer de la stabilité de la voie. Ces dernières dépendent entre autres des paramètres de la résistance latérale de la voie et sont issues d'un calcul effectué avec un programme spécifique.

La courbe enveloppe des contraintes maximales agissant dans les rails a montré que les compressions maximales sont logiquement situées au droit des joints de dilatation des viaducs et qu'elles restent inférieures à la valeur admissible obtenue.

Fondation des viaducs

Les conditions de fondation des viaducs sont particulièrement difficiles puisque le sous-sol comprend des limons instables en partie organiques de faible portance (M_E de 3000 kN/m²). Les caractéristiques géotechniques ont en outre tendance à se détériorer en profondeur.

Dans de telles conditions géotechniques, le respect des exigences fonctionnelles élevées de la ligne ferroviaire (notamment celles concernant la stabilité du niveau de la voie) a requis des études particulières incluant de surcroît les interactions entre les divers remblais sis à proximité des viaducs et les ouvrages. En plus du tassement des fondations imputable au poids de l'ouvrage, il faut tenir compte d'un affaissement généralisé consécutif à la réalisation des remblais des lignes circulant au niveau du sol. Bien que ces remblais seront réalisés 3 à 4 ans avant le viaduc, permettant que 85% des déformations soient engendrées avant la réalisation de l'ouvrage, on doit encore compter avec un abaissement à long terme de 5 à 8 cm des viaducs. Il s'agissait donc de trouver un tracé et un système de fondation limitant les tassements, pour éviter des remises à niveau trop fréquentes des viaducs.

Pour y parvenir, deux systèmes de consolidation du terrain seront superposés. Il s'agit d'une part de mettre en place des remblais de précharge au droit de chaque fondation. Ces remblais vont provoquer une consolidation du terrain qui se traduira par une amélioration d'un facteur de 2 à 4 de ses caractéristiques géotechniques. De forme pyramidale, leur volume moyen est de 1'800 m³. La figure 15 montre la comparaison entre les sollicitations verticales induites dans le sol de fondation par les futures charges de service et celles correspondant à la précharge. On prévoit d'autre part de réaliser, sous chaque fondation, entre 10 et 12 colonnes de *Jet-Grouting*, d'une longueur variant entre 15 et 25 m, pour s'appuyer sur des couches de qualité supérieure.

Ces diverses mesures de consolidation doivent permettre de limiter le tassement dû aux charges du viaduc entre 5 et 7 cm, auxquels il faut ajouter les 5 à 8 cm de tassement résiduel dus aux remblais. Il est prévu de pouvoir gérer l'évo-

lution de ces tassements par le biais de dispositifs permettant de relever les appuis des viaducs jusqu'à 10 cm.

De la belle ingénierie en perspective

Cet aperçu des travaux prévus à proximité du portail Nord du tunnel du Ceneri montre bien que la réalisation du Nodo di Camorino offrira des défis variés et exaltants aux ingénieurs. Ils doivent en effet s'attendre à pouvoir mettre en œuvre une large palette des outils modernes disponibles en matière d'ingénierie et à résoudre de nombreux problèmes de coordination.

Augusto Filippini, ing. civil EPF, Capoprogetto
Consorzio Ingegneri Piano di Magadino
via Iragna 11, CH – 6710 Biasca

Thomas Bühler, ing. civil EPF, chef de projet ATG
AlpTransit San Gottardo SA
Viale Stazione 32, CH – 6500 Bellinzona

SGS

Certificato CH99/0281

Il sistema di gestione di

**Studio d'ingegneria
GIANFRANCO DAZIO SA**

Via Prati Grandi
CH-6593 Cadenazzo

Via Coremmo 4
CH-6900 Lugano



è stato verificato e certificato come conforme ai requisiti di

ISO 9001:2000

Per le seguenti attività

**Progettazione, direzione lavori e consulenza per opere del genio civile,
idraulica, trasporti, ambiente, sicurezza, pianificazione e controllo**

Ulteriori spiegazioni riguardanti lo scopo e l'applicabilità dei requisiti
ISO 9001:2000 possono essere ottenuti consultando l'organizzazione

Il presente certificato è valido dal 13 luglio 2005 al 12 luglio 2008
Edizione 3. Certificato dal luglio 1999

Autorizzato da

Two handwritten signatures in blue ink, one reading 'E. Bini' and the other 'R. Rüde'.



Accreditation No. 017

SGS Société Générale de Surveillance SA Systems & Services Certification
Technoparkstrasse 1 8005 Zurich Switzerland
t +41 (0)44 445-16-80 f +41 (0)44 445-16-88 www.sgs.com

Pagina 1 di 1

