archi

Rivista svizzera di architettura, ingegneria e urbanistica
Schweizerische Zeitschrift für Architektur, Ingenieurwesen und Stadtplanung

3 2018

L'ingegneria di Giovanni Lombardi

Giovanni Lombardi und das Bauingenieurwesen

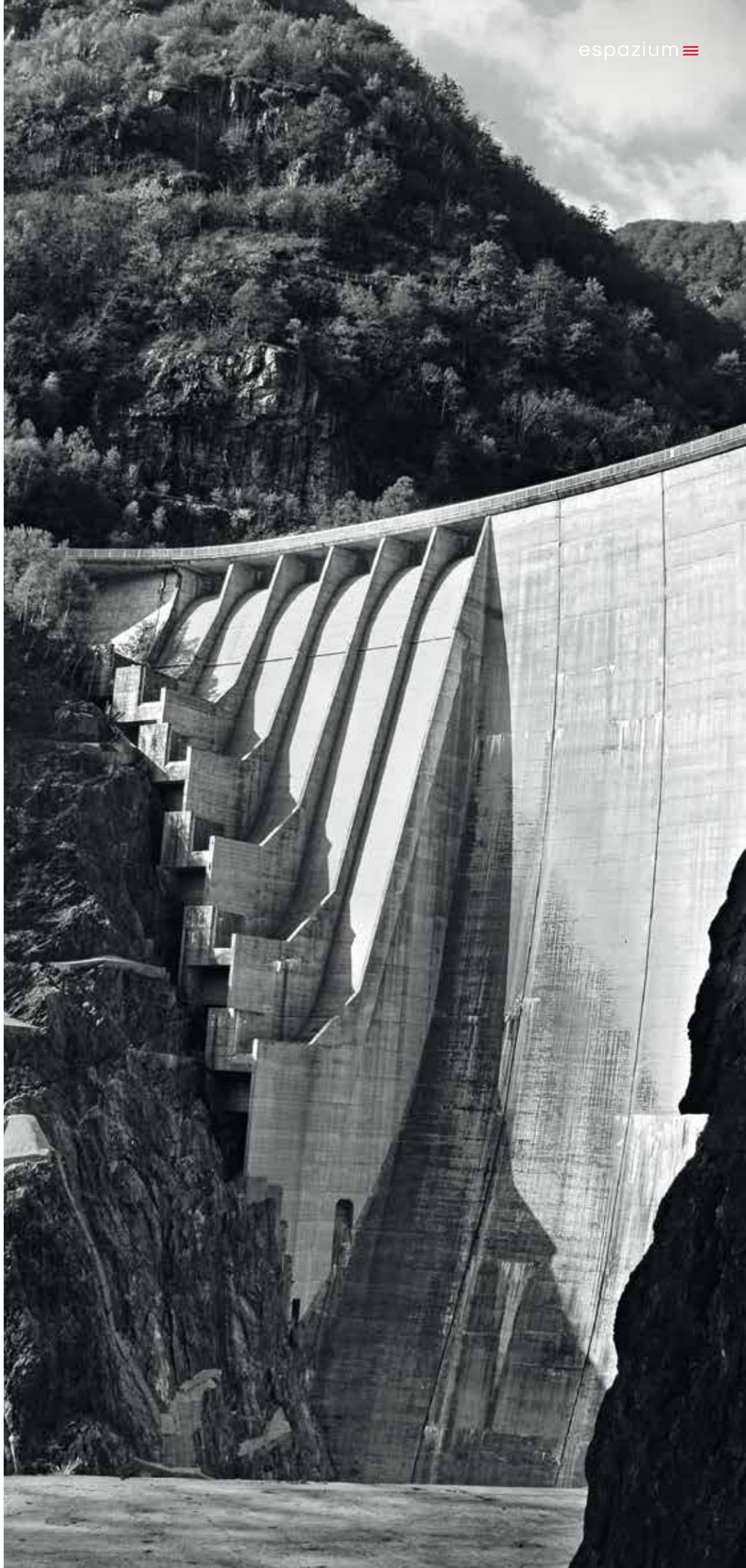
TESTI TEXTE

- Giulio Barazzetta, Andrea Pedrazzini
- Giovanni Barla
- Andrea Debernardi
- Tullia Iori, Ilaria Giannetti
- Gabriele Neri, Andrea Mondada

s i a

Migliorare la qualità, tutelando la cultura della costruzione

espazium



archi
n.3 giugno

espazium
Der Verlag für Baukultur
Les éditions pour la culture du bâti
Edizioni per la cultura della costruzione

Con TEC21, TRACÉS, Archi e la piattaforma comune www.espazium.ch creiamo uno spazio di riflessione sulla cultura della costruzione.

Dai progettisti per i progettisti!
Spazio interdisciplinare, interculturale, specialistico, indipendente e critico.

TEC21 TRACÉS archi

3 EXPROMO a cura di Federica Botta
7 INTERNI E DESIGN a cura di Gabriele Neri
10 ACCADEMIA DI ARCHITETTURA AAM
a cura di Graziella Zannone Milan
13 SCUOLA UNIVERSITARIA PROFESSIONALE SUPSI
a cura di Manuel Lüscher
16 CULTURA DELLA COSTRUZIONE a cura di Silvia Berselli
18 NOTIZIE a cura di Stefano Milan

L'ingegneria di Giovanni Lombardi

Giovanni Lombardi und das Bauingenieurwesen
a cura di Giulio Barazzetta e Andrea Pedrazzini

21 EDITORIALE I LUOGHI DELLA TECNICA
Mercedes Daguerre

23 SCIENZA E TECNICA DI UN MESTIERE
Giulio Barazzetta, Andrea Pedrazzini
25 GIOVANNI LOMBARDI NELLA STORIA DELL'INGEGNERIA STRUTTURALE
Tullia Iori, Ilaria Giannetti
30 UNA FIGURA EMBLEMATICA IN UN'EPOCA DI GRANDI TRASFORMAZIONI
Andrea Debernardi
34 IL CONTRIBUTO DI GIOVANNI LOMBARDI ALLA COMPRENSIONE DELLA STATICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO
Giovanni Barla
38 UNA DIGA IN 24 GIORNI
Gabriele Neri intervista Andrea Mondada

44 DIGHE E IMPIANTI
Diga di Contra
Diga Zimapán
Ricostruzione della diga ad arco di Sera
50 STRADE E TUNNEL
Ponte Fieud
Tunnel stradale Gottardo
Alptransit
56 INNOVAZIONI E CONTRIBUTI SCIENTIFICI
Metodo confinamento/convergenza
GIN «Grouting Intensity Number»
FES «Fissured, Elastic, Saturated Rock Mass»

63 COMUNICATI SIA a cura di Frank Peter Jäger
68 COMUNICATI OTIA a cura di Daniele Graber
70 APPUNTAMENTO CON L'INGEGNERIA a cura di Stefano Milan
73 LIBRI a cura di Mercedes Daguerre
74 PROGETTI TI a cura di Teresa Volponi
79 CONCORSI a cura di Teresa Volponi

Complementi al tema
www.espazium.ch/archi3-18_gallery

In copertina:
Giovanni Lombardi, diga di Contra, 1965. Foto Marcelo Villada Ortiz

Nel prossimo numero:
"Architettura e cinema"

Dello stesso editore:

Tracés n.11
Nouvelle cartographie
espazium.ch/traces

Tec21 n.20
Bauwerk Europas:
der Brenner-Basistunnel
espazium.ch/tec21

competitions.espazium.ch
La nuova sezione della piattaforma espazium.ch
dedicata ai concorsi di architettura

Una corsa in ascensore nel felice mondo del cioccolato.

A Flawil il nuovo centro visitatori «Chocolarium» di Maestrani mostra come la felicità entra nel cioccolato. Di questo entusiasmante mondo a tema fa parte anche un ascensore AS.

La nuova struttura è stata inaugurata il 1° aprile 2017 sotto il marchio commerciale «Maestrani's Chocolarium» e può accogliere annualmente fino a 150'000 visitatori. Si tratta di un edificio a tre piani di forma allungata, situato lungo la strada principale che passa davanti alla proprietà e collegato con la fabbrica da un ponte.

Uno sguardo dietro le quinte

Il cuore del ‹Chocolarium› è rappresentato dal primo piano superiore, che ospita una caffetteria, un negozio di prodotti Maestrani, la reception e due cinema. Tutto il percorso, ideato da uno scenografo, è incentrato su una domanda: come fa la felicità a finire nel cioccolato? Nel cinema e durante il tour i visitatori possono cercare la risposta mentre apprendono tutti i segreti su ingredienti e produzione. Un punto di interesse è la galleria di vetro affacciata sui locali della manifattura, da dove è possibile osservare i prodotti Minor, Munz e Maestrani che escono dal nastro trasportatore. Parte di essi finisce direttamente nelle scatole di degustazione per i visitatori: qui, infatti, assaggiare è d'obbligo. Al termine della visita gli ospiti possono creare la propria cioccolata.

Un ascensore a tema

Con il Chocolarium Maestrani ha creato non solo un nuovo centro per le visite ma anche, al secondo piano superiore, uno spazio uffici con 30 postazioni di lavoro prima sistemate all'esterno. Lo stesso piano inoltre ospita un locale dove si tengono corsi, attività di formazione ed eventi di aziende terze.

Il locale è collegato con la caffetteria sottostante e con un magazzino posto al pianterreno da un montacarichi per merci di piccole dimensioni AS della portata di 300 chili, che permette di far arrivare cibi e bevande dalla caffetteria o dal magazzino in tutta comodità. Il trasporto efficiente delle persone all'interno della nuova struttura è garantito da un Winner S senza locale macchina e con una capacità di 20 persone. L'ascensore serve tutti e tre i piani e su ciascuno dispone di porte su entrambi i lati. Un'area è accessibile solo al personale autorizzato e può essere aperta solo con un badge. In questo modo si separano i flussi dei visitatori da quelli del personale. L'ascensore per persone è anche un elemento scenico del Chocolarium. Al pianterreno, ad esempio, accoglie il visitatore con le sue porte dorate sopra le quali è montato il ‹felicitometro›: quello che sembra un orologio si trasforma poi, con il movimento della cabina, in un volto sorridente.

1. Una macchia di cioccolato scuro segna l'accesso all'ascensore.
2. L'ascensore riserva sorprese anche all'interno: alle pareti colore azzurro sono fissati specchi concavi e convessi che trasformano la breve corsa in una divertente esperienza ottica.
3. L'elemento più caratteristico della nuova struttura, realizzata quasi interamente in legno, è la facciata scanalata, che per sagoma e colore ricorda cioccolata liquida.

AS Ascensori

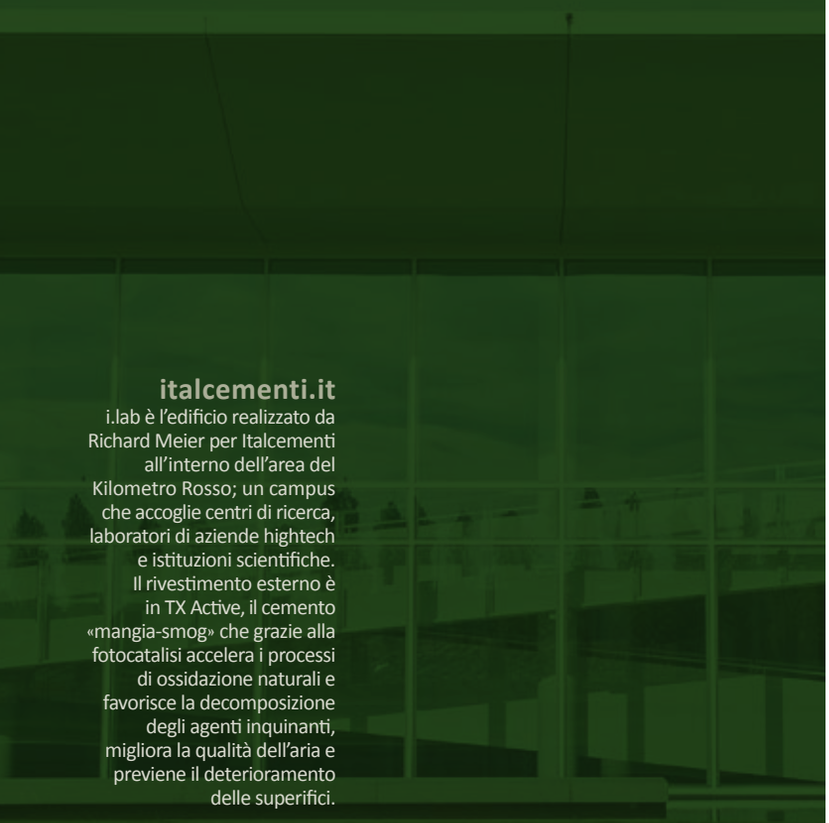
AS Ascensori SA,
Via Cantonale, 6805 Mezzovico
tel. 091 735 23 23
as-ti@lift.ch / www.lift.ch

BETON
inserto/vetrina
Archi n. 3/2018
a cura di
Federica Botta

6_BETON

Quella del calcestruzzo è una storia breve ma scandita da sperimentazioni a ritmo serrato, stimolate da opere emblematiche dalle inedite prestazioni tecniche. Le potenzialità di sviluppo e la forza espressiva data dall'integrazione di struttura e forma plasmabile in sagome complesse, lo rendono un materiale versatile e adatto ad esprimere i più diversi linguaggi dell'architettura. Sebbene per sua natura trovi numerosi limiti in ambito energetico, tali a volte da eclissare il ruolo espressivo in ragione di un puro utilizzo strutturale, l'esigenza di soddisfare le più disparate richieste promuove la ricerca e l'evoluzione del materiale e delle tecniche di utilizzo. La progressiva definizione di calcestruzzi speciali, la ricerca e lo sviluppo di tecnologie avanzate e di mano d'opera specializzata consentono nuove espressività e conferiscono al calcestruzzo un aspetto «nobile», raffinato. «È [...] l'architettura a riprogettare e riadattare il materiale, stimolandone l'evoluzione e ricercandone l'identità, proponendo differenti e sorprendenti esiti d'impiego».*

Curiosità: da febbraio 2018 è disponibile il libro MEISTERKLASSE.BETONWERKSTEIN.INFO dedicato ai lavori realizzati dai giovani cementisti della Ferdinand-von-Steinbeis-Schule di Ulm.**



italcementi.it
i.lab è l'edificio realizzato da Richard Meier per Italcementi all'interno dell'area del Kilometro Rosso; un campus che accoglie centri di ricerca, laboratori di aziende hightech e istituzioni scientifiche. Il rivestimento esterno è in TX Active, il cemento «mangia-smog» che grazie alla fotocatalisi accelera i processi di ossidazione naturali e favorisce la decomposizione degli agenti inquinanti, migliora la qualità dell'aria e previene il deterioramento delle superifici.

* Anna Faresin, *Architettura in calcestruzzo. Soluzioni innovative e sostenibilità,* Torino 2012
** meisterschule-ulm.de

DAL 1982 UN ALLEATO NELLA CURA DEL BETON
desax.ch

Finitura e resa estetica impeccabili sono le priorità dell'azienda svizzera che da oltre 35 anni propone diverse tipologie di trattamento per la protezione e la cosmesi del beton.

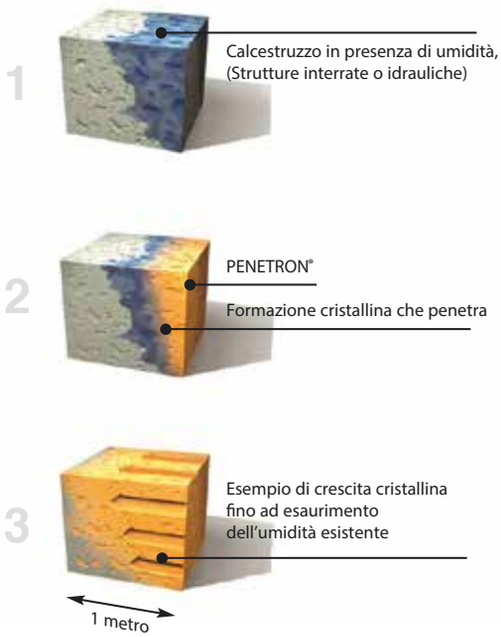
Mantenimento del valore e dell'aspetto originale del calcestruzzo nel tempo sono i fattori cardine dei prodotti dedicati alla protezione e prevenzione del deterioramento del beton. Tra questi vi sono i trattamenti idro e oleorepellenti – che prevengono la formazione prematura di alghe e muschi, riducono il rischio di infiltrazioni e permettono una pulizia rapida e facile – e i sistemi di protezione antigraffiti – temporanei, semipermanenti o permanenti, che includono la pulizia gratuita nei primi tre anni successivi all'esecuzione –. I trattamenti di cosmesi comprendono le lavorazioni di ripristino, risanamento e pulizia – da efflorescenze, macchie di ruggine e imprecisioni dovute a tappe di getto – e di pigmentazione, per una finitura di massimo pregio. Le lavorazioni sono applicabili a tutte le superfici orizzontali e verticali.

IMPERMEABILIZZAZIONE CAPILLARE DEL CALCESTRUZZO PER CRISTALLIZZAZIONE

penetron.it

Il sistema di impermeabilizzazione per cristallizzazione Penetron offre un'alternativa per la realizzazione di strutture interrate e idrauliche impermeabili.

Applicato sulle superfici di manufatti esistenti come malta cementizia o inserito nella miscela del calcestruzzo per le nuove realizzazioni – additivo Admix –, resiste alla spinta idraulica positiva e negativa, assicura una protezione impermeabile per l'intero spessore del manufatto anche in presenza di soluzioni chimiche aggressive, agenti contaminanti o in ambiente marino. Gli ingredienti attivi del prodotto reagiscono con i composti solubili del calcestruzzo – idrossido di calcio – formando un complesso cristallino insolubile – silicato di calcio idrato – che sigilla i pori, i capillari e le microfessurazioni – fino a 400 µ – . Passivo in assenza di umidità, il sistema si attiva immediatamente in presenza di acqua. Un perfetto alleato per situazioni come cicli di gelo-disgelo, corrosione da agenti atmosferici, umidità del sottosuolo e acque contenenti cloruri, solfati e nitrati.



IDENTITÀ E PERSONALIZZAZIONE

reckli.com / coplan.it

Reckli è leader nel design e nella produzione di matrici e stampi in gomma poliuretanica per la produzione di calcestruzzo faccia a vista.

Utilizzate in prefabbricazione e nei getti in opera per eliminare imperfezioni e conferire carattere con giochi di luci e ombre attraverso finiture superficiali, le matrici sono disponibili in oltre 200 varianti e in tre versioni a seconda del numero di riutilizzi: 100, 50 o 10 getti. In alternativa sono disponibili le matrici monouso Reckli 1x. L'alta flessibilità ed elasticità del materiale utilizzato permettono un disarmo facile e senza danni e garantiscono una riproduzione fedele e a spigoli vivi della finitura. Il sistema Reckli è adatto per tutti i tipi d'impasti – come ordinario, alleggerito, colorato, cemento bianco, calcestruzzo lavato –. Una volta incollati o posizionati gli stampi sui casseri il disarmo deve avvenire entro le ventiquattro ore dal getto. Sono disponibili inoltre matrici speciali realizzate su disegno del cliente oppure la gomma liquida – PUR Elastomer – per la produzione in proprio di stampi. Con la fotoincisione e la tecnica foto 3D, è possibile riprodurre immagini fotografiche attraverso la lavorazione superficiale – che crea effetti differenti sfruttando il movimento della luce solare – o tramite una matrice 3D in rilievo.

IL MATERIALE DEL FUTURO

walo.ch

Il calcestruzzo fibrorinforzato ad altissime prestazioni CFAP ha una resistenza alla compressione superiore a 150 N/mmq e consente pertanto di produrre elementi strutturali sottili, leggeri ed efficienti.

Walo, azienda familiare che da oltre 100 anni coniuga tradizione e innovazione, nel 2014 ha progettato e realizzato una finitrice con la quale ha installato oltre 50'000 mq di CFAP come rinforzo statico di un ponte: la prima costruzione al mondo di questo tipo. Le conoscenze, il personale altamente qualificato e le tecnologie dei materiali permettono all'azienda di realizzare progetti di qualità sempre più sostenibili, in Svizzera e all'estero. La competenza ed esperienza nel campo del CFAP permette all'azienda di produrre superfici di vario spessore, rinforzi dei pilastri dei ponti, risanamenti di vecchi elementi costruttivi, ma anche intere strutture realizzate in CFAP.

CONSULENZE AMBIENTALI, RIGORE SCIENTIFICO E SOLUZIONI INNOVATIVE

ecocontrol.ch

EcoControl, società fondata nel 1988 con sedi a Locarno e Lugano, è attiva nei campi delle consulenze ambientali e naturalistiche, dell'ingegneria forestale, delle energie rinnovabili, della fisica ed energetica della costruzione.

Quest'ultima disciplina in particolare deriva dall'applicazione delle leggi della fisica classica per ottimizzare gli elementi edili di una costruzione, in relazione alla situazione climatica e acustica esterna e alle esigenze di benessere interne. Un team multidisciplinare di specialisti formato da ingegneri, fisici e biologi fornisce consulenze complete ai Servizi delle amministrazioni federali, cantonali e comunali, a quelli di FFS e USTRA, all'economia privata e a studi d'ingegneria, architettura e privati. EcoControl ha contribuito alla realizzazione del nuovo Palacinema di Locarno occupandosi della certificazione Minergie e di tutti gli aspetti legati alla fisica della costruzione, dell'acustica e dell'isolamento fonico delle tre nuove sale cinematografiche.

SOLUZIONI PERSONALIZZATE DI QUALITÀ

manutecnica.ch

Manutecnica, fondata nel 1994 con sede a Barbengo, è un'impresa specializzata nella lavorazione e realizzazione di sottofondi cementizi, pavimenti in cemento, rivestimenti in resina, pavimenti industriali e per esterni con produzione annua di oltre 120'000 mq.

Per rispondere alle esigenze di una clientela attenta alle novità e alla ricerca di soluzioni semplici ma in grado di valorizzare l'essenza del materiale utilizzato, l'azienda si è specializzata nell'esecuzione di pavimenti in cemento lucidato. L'impiego di pigmenti naturali nell'impasto permette di ottenere diverse tonalità che, unite alle sfumature date dalla lavorazione artigianale, assicurano risultati unici. La forza di Manutecnica sta nell'esperienza acquisita negli anni e nella metodologia di lavoro accurata e attenta che l'azienda compie nelle lavorazioni e nelle continue sperimentazioni di nuove tecniche d'esecuzione che consentono di offrire soluzioni personalizzate con un servizio di qualità.

RIVELATORI DI MOVIMENTO E PRESENZA SICURI ED EFFICIENTI

feller.ch

La nuova linea di rivelatori di movimento e presenza Pirios Eco offre un'alternativa essenziale ed economica mantenendo le caratteristiche tipiche della qualità Feller.

Il design discreto si uniforma agli altri componenti operativi dell'impianto elettrico, permettendo una soluzione di installazione uniforme. I morsetti a innesto e il design monoblocco favoriscono semplicità di installazione e di messa in servizio. La gamma di prodotti è disponibile in dodici colori – di cui due, bianco e nero, sono standard –. Programmazione e personalizzazione sono possibili direttamente – con tasto integrato per comando manuale – o attraverso l'app. Disponibili per ambienti interni – con protezione IP20 – o esterni – IP55 –, a parete o soffitto, con angolo di rilevamento da 130° a 360°. Durata di funzionamento regolabile da 10 secondi a 40 minuti.

Ogilvy & Mather

Finanziamenti immobiliari?
Ecco la banca che vi aiuta a porre solide fondamenta.

Abbiamo solide conoscenze nel settore immobiliare, proprio come in campo bancario. Che vi occorra un credito di costruzione o un'ipoteca, con gli specialisti della Banca Migros il finanziamento del vostro progetto è sempre in ottime mani. Maggiori informazioni all'indirizzo bancamigros.ch/finanziamento-immobiliare.

BANCAMIGROS

Perché diversa.

m.a.x. festeggia Achille

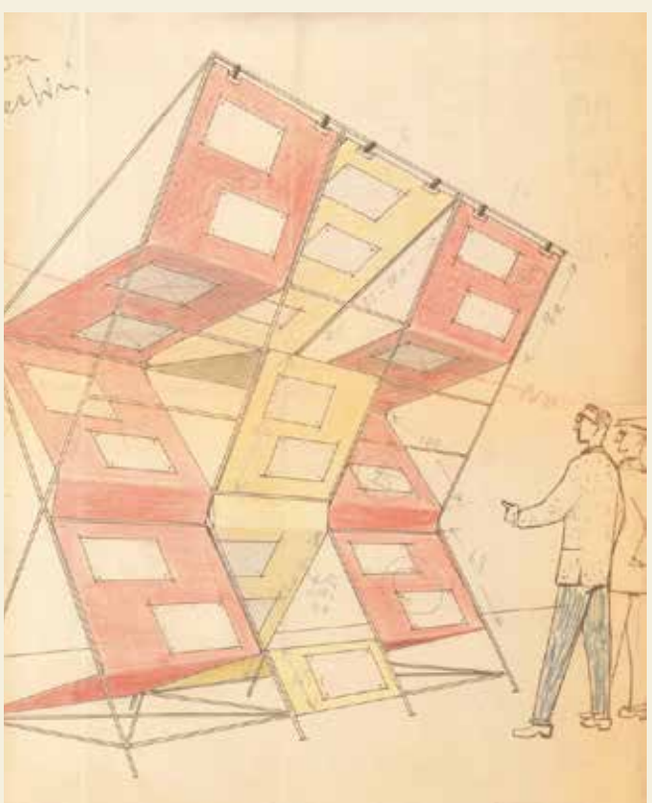
La mostra a Chiasso per il centenario del grande designer milanese

Gabriele Neri

1 Achille e Pier Giacomo Castiglioni (progetto), Max Huber (grafica), Allestimento della sala delle vernici al Padiglione Montecatini, Fiera di Milano, 1959. Fonte Archivio Fondazione Achille Castiglioni

Cent'anni fa nasceva Achille Castiglioni e il m.a.x. museo gli rende omaggio con una mostra che celebra i suoi best seller – la lampada da terra *Arco*, lo sgabello *Mezzadro*, la lampada *Parentesi* ecc. – ma non solo. Perché a Chiasso? La fama di Achille, uno dei maestri indiscussi del design del XX secolo, basterebbe a giustificare l'evento, ma qui si aggiunge un ulteriore motivo d'interesse: il profondo rapporto di amicizia e collaborazione proprio con lo svizzero Max Huber, a cui il museo è dedicato.

Achille cominciò a lavorare nel campo del design intorno al 1940, prima ancora di laurearsi in architettura, insieme ai fratelli maggiori Livio (1911-1979) e Pier Giacomo (1913-1968). Era un mondo totalmente diverso: non c'era il Salone del Mobile, e molte delle grandi aziende di design che conosciamo oggi non esistevano ancora, o erano poco più che piccoli laboratori artigianali. Era l'alba del design italiano, che tuttavia ci mise poco a bruciare le tappe, grazie all'intraprendenza di alcuni e alla fantasia di altri. Quella di Achille, ad esempio, affascinato dalle potenzialità nascoste degli oggetti che compongono il mondo: naturali e artificiali, vecchi e nuovi, anonimi o d'autore. Passò la vita a guardarsi attorno raccogliendo frammenti di mondo e trasformandoli in qualcos'altro. Assemblando un sedile da trattore, una balestra d'acciaio e una traversa in faggio (simile a un giogo per i buoi) ottenne il *Mezzadro*; con una canna da pesca, il faro di un'automobile e un trasformatore inventò la lampada *Toio*; e così via.



2

Dall'altra parte del confine c'era invece Max, nato nel 1919, che dopo gli studi alla Kunstgewerbeschule di Zurigo si era immerso nella cultura d'avanguardia grazie agli incontri con Max Bill e con fotografi come Werner Bischof e Alfred Willimann. Nel 1940 Huber giunse a Milano per lavorare per qualche mese nel celebre Studio Boggeri, calamita di talenti della grafica internazionale, e a Milano tornerà alla fine della guerra, cominciando collaborazioni importanti, tra cui la Rinascente.

Nella Milano del tempo fu facile incontrarsi e lavorare insieme, anche perché i fratelli Castiglioni (Achille e Pier Giacomo, scomparso prematuramente, erano coppia fissa) sostenevano il lavoro di squadra, la contaminazione con altri punti di vista, fin dall'inizio di un progetto. «Erano molto simili di carattere», spiega Italo Lupi, grande graphic designer che collaborò con Achille in molte occasioni e oggi tra i curatori della mostra. «I Castiglioni lavorarono con molti grafici, ma Huber era quello più vicino al loro atteggiamento vitale ed esistenziale». Condividevano un atteggiamento irriverente, poco legato alle formalità, che trasformava ogni cosa in un gioco geniale, sottile, stimolante.

Terreno privilegiato per questo incontro fu l'allestimento espositivo, ambito che la mostra a Chiasso mette in risalto in maniera particolare. Nello spazio effimero delle mostre temporanee, Huber e i Castiglioni poterono infatti mettere alla prova i loro punti di forza: l'ironia dell'allusione e l'essenzialità dell'impaginato, lo stravolgimento dimensionale e la carica comunicativa di testo e immagine, la forza della forma e del colore, lo spiazzamento concettuale e la fluidità della nar-

2 Elemento pubblicitario per Padiglione Agip Eni alla Mostra Internazionale del Petrolio. Fiera di Napoli 1955. Progetto allestimento Achille e Pier Giacomo Castiglioni. Progetto grafico Max Huber. Schizzo di Max Huber, 37,5 x 34 cm, matite colorate su carta eliografica.
3 Achille Castiglioni e Max Huber, Progetto di giacca con maniche, 1967.
4 Achille Castiglioni e Max Huber, Giacca con maniche, 1967. Foto di Matteo Zarbo
5 Achille Castiglioni – Max Huber, Record (orologio) per Alessi, 1989. Foto di Matteo Zarbo

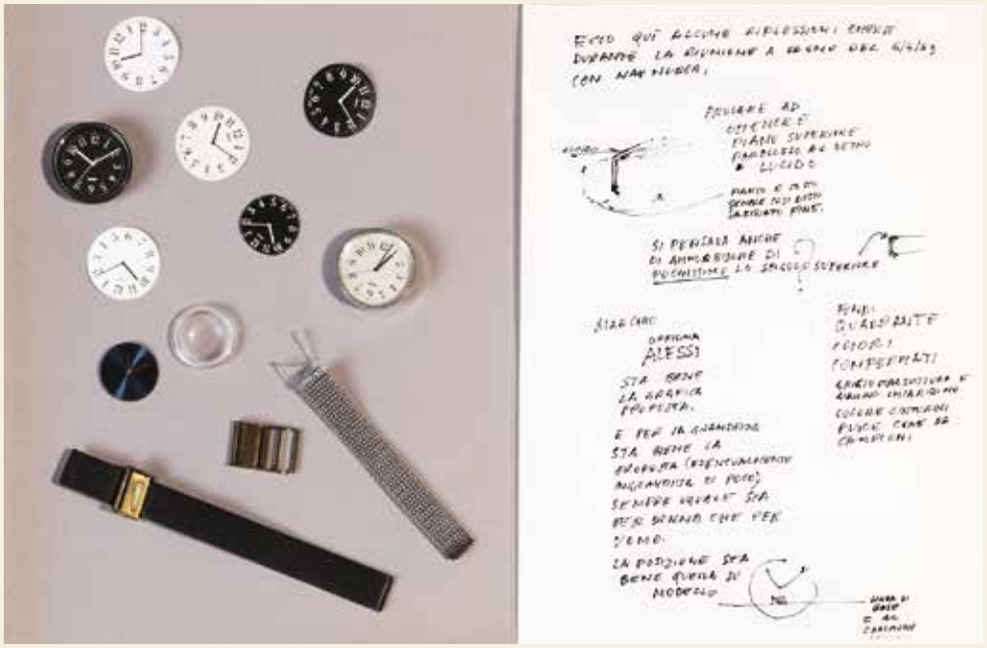
Fonte Archivio Fondazione Achille Castiglioni
© 2018, ProLitteris, Zurigo

3 4

razione. «Nei 484 progetti per allestimenti che abbiamo trovato nel suo archivio – spiega Mara Servetto, allieva di Achille e curatrice della mostra insieme a Ico Migliore – si coglie appieno la sua natura di architetto-regista, capace di usare lo spazio come strumento di comunicazione, sfruttando elementi diversi per creare un racconto. Aveva una incredibile capacità di condurre la narrazione e di saper leggere la percezione dell'insieme, e in questo approccio progettuale la grafica non era mai qualcosa di aggiunto a posteriori, ma sempre utilizzata come qualità spaziale, come materiale da costruzione». Prova di ciò rimane ad esempio negli storici allestimenti per le mostre alla Fiera di Milano, negli anni del dopoguerra, in cui i Castiglioni con Huber furono chiamati a interpretare visivamente e spazialmente lo sviluppo di radio e televisione, mass media che avrebbero modificato una volta per tutte la nostra società.

Difficile scindere il lavoro da un'amicizia che durò tutta la vita, tra Milano, il Canton Ticino e Lierna, poco sopra Lecco, dove i Castiglioni avevano casa. Molti progetti nascevano quasi casualmente, da idee estemporanee (da un bicchiere di troppo?). Si veda la «giacca con maniche» disegnata a quattro mani nel 1967, con tasche di ogni forma, colore e dimensione, a metà tra il camice da lavoro e il vestito da clown, che ricorda anche alcuni costumi teatrali russi degli anni Venti di Malevič o Rodčenko. Più «svizzero» è invece l'orologio Record, progettato da Max e Achille nel 1989 per Alessi. Cercavano la massima leggibilità: «molto spesso ci capita di leggere le ore sul nostro orologio e non ci riusciamo: quando siamo di fretta; quando siamo in bici; quando siamo stanchi; quando siamo sotto la doccia; quando siamo senza occhiali» ecc. Il risultato è un orologio «tutto quadrante». Di Achille ci piace sempre citare un suo invito agli studenti, che in realtà vale per tutti: «Se non siete curiosi lasciate perdere. Se non vi interessano gli altri, ciò che fanno e come agiscono, allora quello del designer non è un mestiere per voi [...]. Un buon progetto nasce non dall'ambizione di lasciare un segno, ma dalla volontà di instaurare uno scambio, anche piccolo, con l'ignoto personaggio che userà l'oggetto da voi progettato. Mettetevi in testa che il lavoro di ricerca è tutto, e il singolo oggetto prodotto ne è una tappa, un momentaneo stop più che una conclusione». Parole sante, non solo per i designer.

Achille Castiglioni (1918–2002) visionario. L'alfabeto allestitivo di un designer regista
a cura di Ico Migliore, Mara Servetto, Italo Lupi e Nicoletta Ossanna Cavadini
Progetto allestitivo e grafica di Migliore + Servetto Architects e Italo Lupi
Chiasso, m.a.x. museo
fino al 23 settembre 2018
www.centroculturalechiasso.ch



5

FASA - FONDERIE ET ATELIERS MECANIQUES D'ARDON S.A.

FONTES DE VOIRIE
BAUGUSS
GHISA STRADALE

Sconto fino a

- 50%

FASA

CH - 1957 Ardon +41 27 305 30 30 +41 27 305 30 40 www.fasa.ch fontevoirie@fasa.ch

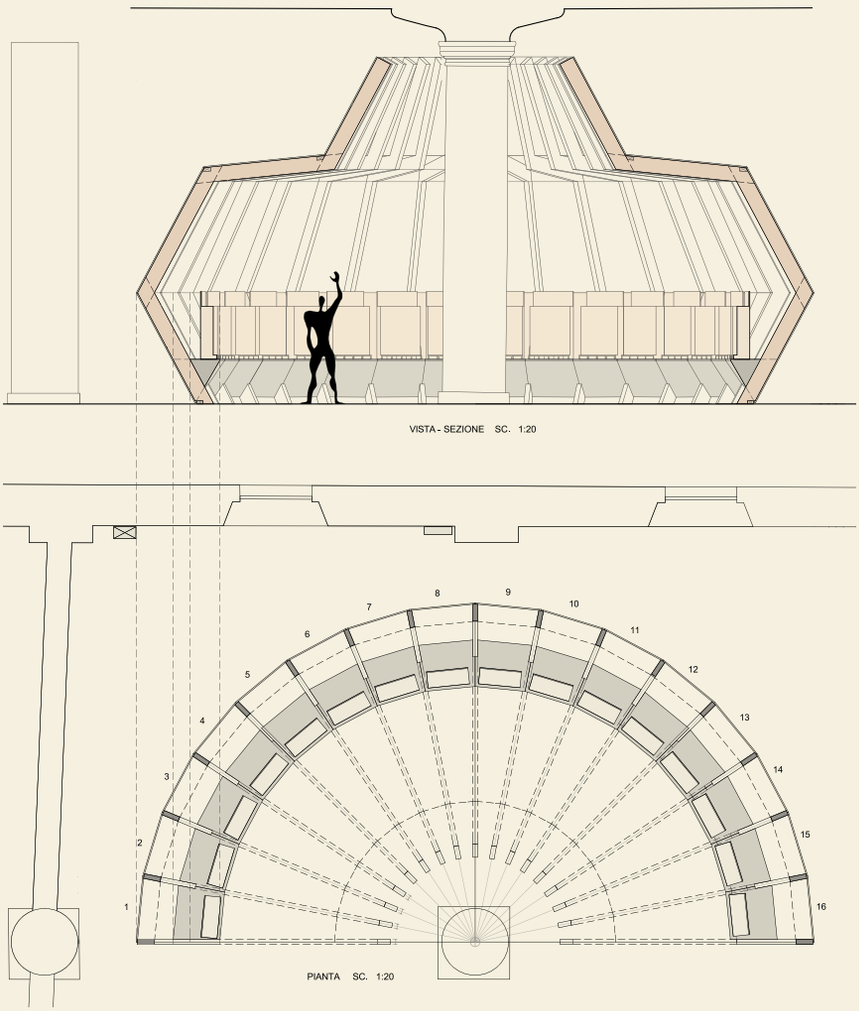
The Practice of Teaching
L'AAM alla 16. Biennale

Graziella Zannone Milan

Sono Yvonne Farrell e Shelley McNamara, professoresse ordinarie all'AAM, le curatrici della 16. Mostra Internazionale di Architettura, inaugurata a Venezia lo scorso 26 maggio.

Con la pubblicazione del Manifesto *Freespace*, nel giugno del 2017, le due architette di Dublino hanno invitato i 71 partecipanti e i curatori dei padiglioni nazionali a presentare a Venezia il proprio *spazio libero* «in modo che insieme si possa rivelare la diversità, la specificità e la continuità nell'architettura sulla base delle persone, dei luoghi, del tempo e della storia, per promuovere la cultura e l'importanza dell'architettura in questo dinamico pianeta».[1]

In questa edizione della Mostra, troveranno posto anche due sezioni speciali: la prima, *Close Encounter, meetings with remarkable projects*, presenterà 16 lavori nati da una riflessione su progetti illustri del passato; la seconda, dal titolo *The Practice of Teaching,* raccoglierà i lavori sviluppati da architetti impegnati sia professionalmente che presso scuole di architettura. E proprio in questo gruppo dedicato alla «pratica dell'insegnamento» sono presenti i professori ordinari di progettazione dell'AAM: Francisco e Manuel Aires Mateus, Walter Angonese, Michele Arnaboldi, Valentin Bearth, Riccardo Blumer, Martin Boesch, Frédéric Bonnet, Mario Botta, Francis Diébédo Kéré, João Gomes da Silva e João Nunes, Quintus Miller, Valerio Olgiati e infine Jonathan Sergison.



1

Alcuni dei lavori presentati in questa sezione prendono spunto dall'attività svolta all'ateneo ticinese, infatti diversi professori e architetti hanno lavorato con gli studenti per mostrare il loro approccio didattico o come ciò si riflette nel loro modo di affrontare la professione.

In queste pagine presentiamo le immagini relative a due delle installazioni allestite alle Corderie dell'Arsenale. Dapprima il padiglione ligneo disegnato da Mario Botta che espone gli esercizi de-

2

gli studenti del primo anno sviluppati durante il corso tenuto da Annina Ruf e dedicato al disegno e alla rappresentazione. Il volume progettato da Botta ospiterà alcuni «teatrini» che mettono in scena i lavori basati sull'interpretazione di quattro verbi – guardare, vedere, osservare, rappresentare – che formano una sequenza logica da seguire quando si traduce un dato di realtà nella sua possibile rappresentazione.

Botta, coordinatore del primo anno, è consapevole di come il primo approccio allo studio dell'architettura sia un momento chiave per gli studenti che vengono introdotti alla disciplina e necessitano di ampliare le loro conoscenze; per questa ragione l'offerta formativa propone degli insegnamenti che affiancano gli ateliers di progettazione come appunto quello di Ruf o il *Corso introduttivo al processo creativo* tenuto da Riccardo Blumer. Per Botta, «Il primo anno all'Accademia di architettura di Mendrisio è considerato un anno propedeutico fondamentale per introdurre lo studente a comprendere il linguaggio e la conoscenza del mestiere di architetto, la disciplina dell'architettura studia lo spazio di vita dell'uomo ma dobbiamo essere coscienti e responsabili che l'opera di archi-

3

1 Sezione e pianta del progetto di allestimento a cura di Mario Botta
2 Il padiglione abitato dai teatrini del corso di Disegno e rappresentazione della docente Annina Ruf e dagli assistenti Michele Alessandri, Marcello Bertozzi e Samuel Brändli. Foto Matteo Borghi
3 Wall, prof. Riccardo Blumer con gli assistenti Matteo Borghi, Ettore Contro, Tommaso Alessandrini e gli studenti Lorela Arapi, Stefano Clerici e Andrea Cappellaro. Foto Matteo Borghi

Info
Introduzione al progetto architettonico è l'argomento che indirizza gli ateliers del primo anno coordinati dal prof. Mario Botta con i docenti Nicola Baserga, Roberto Briccola, Paolo Canevascini e Gabriele Cappellato e gli assistenti Manuel Bellagamba, Ricardo Conde, Marco Ghilotti, Federica Giovannini, Silvia Passiglia, Stefano Perregrini, Roberto Russo, Andrea Scheuber, Dario Sironi, Ute von Hagen e Michele Zanetta

tettura ha la possibilità di trasformare e costruire relazioni che caratterizzano il paesaggio e il territorio intorno. Per poter costruire l'architetto deve attraversare un lavoro lento e paziente di studio, analisi e riflessioni sul significato dell'intervento che sarà oggetto di trasformazione. Per l'architetto ogni spazio, ogni occasione è pretesto per indagare, per verificare; per comprendere egli deve saper trasformare il mandato di lavoro in occasione di studio».[2] Da queste riflessioni nasce la volontà di mettere in mostra un aspetto della metodologia che viene adottata nell'introduzione al progetto architettonico.

Il direttore dell'Accademia Riccardo Blumer, oltre ad essere impegnato al primo anno, tiene un corso di progettazione all'ultimo anno di Bachelor e al Master. Alla Biennale presenta i lavori che alcuni studenti hanno sviluppato nel suo atelier parafrasando il tema Freespace, estremizzando uno degli atti propri della natura dell'architettura, ovvero quello di porre un limite. Con l'installazione Wall, una macchina che crea delle pareti di acqua saponata: «...si è voluto lavorare radicalmente verso la smaterializzazione, portando al limite estremo del solo riflesso di luce. L'opera infatti si compone di un sistema di pareti fluide, superfici minime tese in un'area rettangolare, create da una serie di cursori che, grazie a sistemi motorizzati, scorrono lungo sottili tiranti. La macchina produce un suo movimento che enfatizza le sequenze spaziali dell'architettura con un ritmo non solo planimetrico ma anche temporale e materico dovuto alla fragilità della parete, contrapposta all'ostinazione della macchina che continuamente la riproduce. Il limite diventa in questo caso più percettivo che fisico e suscita meraviglia nel momento della sua esplosione ovvero nel suo annullamento in un tempo brevissimo». In questo caso la scuola è stata intesa «... come luogo di pensiero ed esperimento della mano, relazionata ai campi più estremi della disciplina, svincolata dai limiti professionali, impegnata nella formazione di visioni».[3]

Il 20 ottobre alle ore 14:30 al Teatro alle Tese è in programma un confronto del gruppo di architetti coinvolti in *The Practice of Teaching*, che discuterà sul mutuo beneficio e il reciproco vantaggio che si instaura tra l'insegnamento e la sua pratica, proprio perché per questi architetti l'attività didattica è intesa come parte integrante del loro processo creativo.

Segnaliamo inoltre che, tra i 71 partecipanti alla Mostra e ospiti delle Corderie, l'architetto Aurelio Galfetti ha scelto di presentare un video, girato all'interno del nuovo Teatro dell'architettura, nel quale dialoga con alcuni diplomandi sul percorso di analisi che lo ha portato al progetto della sua casa a Paros, ultimata nel 2003.

Note

1. Cfr. http://www.labiennale.org/it/architettura/2018/intervento-di-yvonne-farrell-e-shelley-mcnamara
2. Mario Botta, *Introduzione al progetto architettonico*, in *Accademia di architettura, Annuario*, Mendrisio Academy Press, Mendrisio 2017, p. 12.
3. Riccardo Blumer, *Wall*, in *Freespace*, catalogo ufficiale, a cura di Yvonne Farrell e Shelley McNamara, vol. II, Venezia 2018.

Altre immagini degli allestimenti
www.espazium.ch/archi3-18_practice_teaching

Visioni e creatività Coniugando competenze

Andrea Salvadè, Samuel Poretti, Manuela Maffongelli

1

«Nella nostra professione non si tratta della semplice applicazione di regole e norme ma dell'impellente necessità di far assai frequentemente ricorso all'intuizione ed alla creatività».

Cosi Giovanni Lombardi – citato da Roger Bremen, presidente di Lombardi SA Ingegneri Consulenti durante la conferenza *Senza innovazione non c'è crescita. Senza ricerca non c'è innovazione*, organizzata per i dieci anni dell'Istituto Sistemi e Elettronica Applicata (ISEA) della SUPSI – ci indica l'approccio dell'ingegnere a un problema complesso. Ci vogliono: scienza, tecnica, intuizione e anche un po' di inventiva.

Per favorire la crescita di giovani ingegneri laureati, lo sviluppo di idee innovative nel settore dell'ingegneria civile, lo sbocciare di intuizioni che possono nascere solo grazie a progetti sostenuti fuori dal percorso di produzione, Giovanni Lombardi ebbe la visione di varare nel 2005 la Fondazione Lombardi Ingegneria.

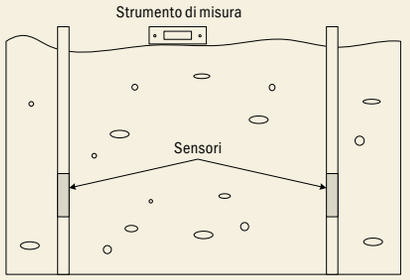
L'idea, la verifica del concetto e della sua fattibilità

Nel 2007 il nostro Istituto – che vanta una pluriennale esperienza nello sviluppo di sistemi di misura e caratterizzazione di materiali non invasivi mediante sorgenti a microonde – sottopose alla Fondazione Lombardi Ingegneria un'idea di progetto che vedeva l'applicazione di tale competenza all'ingegneria civile, e più segnatamente all'«analisi e caratterizzazione di profili nel sottosuolo per identificare anticipatamente il rischio di una loro possibile liquefazione» grazie alla valutazione del quantitativo d'acqua presente.

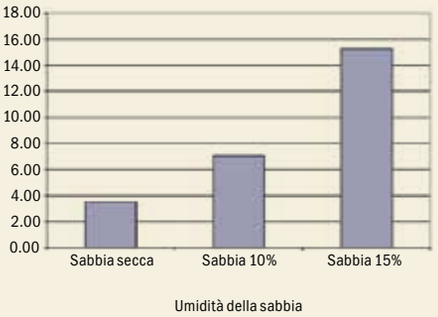
Riconosciuta la bontà e l'innovatività dell'idea, la Fondazione approvò lo studio di fattibilità volto a confermare l'applicabilità della metodologia d'indagine all'analisi approfondita del sottosuolo di terreni edificabili, mediante modellizzazione teorica e verifiche sperimentali fino ad alcune decine di metri.

La *tecnica standard* per l'analisi della composizione del materiale e del quantitativo di acqua in esso contenuto consiste nell'esecuzione di carotaggi che spesso però non sono rappresentativi in quanto forniscono indicazioni per un'area limitata del terreno.

L'*innovativo metodo di misura* trasmissivo è per contro composto da due sensori (figura 2): il primo trasmette delle microonde nel materiale in direzione del secondo che le capta. Ciò permette di rilevare la costante dielettrica di tutto il materiale analizzato, a cui può essere correlato in modo preciso il quantitativo di



2



3

4 5

acqua presente. Il vantaggio del rivoluzionario sistema risiede nel volume di indagine che non si limita a una misura puntuale attorno alla sonda, bensì in una misura media della porzione di terreno compresa tra le due antenne che possono distare anche oltre una decina di metri. La variazione verticale di posizione delle stesse garantisce l'ottenimento di un profilo stratigrafico a diverse profondità.

La serie di prove sperimentali effettuate col supporto dell'Istituto Scienze della Terra della SUPSI durante lo studio di fattibilità (figura 4 e figura 5) hanno dimostrato la totale applicabilità del principio di misura basato sulle microonde all'analisi dell'umidità presente in materiali inerti.

Dal punto di vista geologico e geotecnico la strumentazione utilizzata ha fornito, in riferimento ai dati di laboratorio ottenuti, un buon riscontro al variare della granulometria e del contenuto d'acqua nelle diverse fasi sperimentali (figura 3). Nel 2008 è stato così dimostrato che il principio di misura, la metodologia e il prototipo sviluppato dell'apparecchiatura sono in grado di discernere il quantitativo d'acqua presente anche quando il materiale analizzato non è omogeneo.

6

1 Diga di San Fernando, dopo il terremoto del 1971. Foto courtesy of NISEE-PEER, University of California, Berkeley
2 Schema di principio della misura. Fonte SUPSI - ISEA
3 Correlazione tra valore misurato e umidità. Fonte SUPSI - ISEA
4 Prove sperimentali in ambiente controllato (presso Dipartimento ambiente costruzioni e design SUPSI - Trevano). Foto Lombardi SA
5 Prove sperimentali in ambiente controllato (Osogna). Foto SUPSI - ISEA
6 Strumento di misura. Foto SUPSI - ISEA

Lo sviluppo di una strumentazione da campo

Grazie agli ottimi e promettenti risultati ottenuti, su impulso di Roger Bremen, nel 2009 è stata inoltrata dall'ISEA una richiesta di sostegno finanziario alla Commissione per la Tecnologia e l'Innovazione (CTI, dal 2018 Innosuisse) per lo sviluppo di un progetto che coinvolgeva un ulteriore partner industriale (Smartec SA), interessato allo sviluppo e alla commercializzazione di sistemi di misura per il monitoraggio di terreni e manufatti architettonici. Il progetto, denominato SoLiTe (Soil Liquefaction Test) e durato tre anni, ha permesso la *progettazione e la realizzazione del prototipo del sistema di misura e il suo collaudo in laboratorio e nel terreno.*

Il prototipo funzionale è composto da un'apparecchiatura portatile in grado di misurare efficacemente anche con sensori posti a una distanza di 15 m e a una profondità variabile fino a ben oltre 20 m. Lo strumento ha denotato un funzionamento corretto ed è utilizzabile in condizioni di parziale umidità del terreno come pure al di sotto della falda acquifera in condizioni di saturazione d'acqua. Misurando a profondità al di sopra del li-

EcoControl SA
Consulenze ambientali e naturalistiche
Ingegneria forestale
Fisica ed energetica della costruzione

30 Festeggiamo anni

EcoControl SA
Via Rovedo 16 / CH - 6604 Locarno / +41 (0)91 290 12 00 / info@ecocontrol.ch
Via Cortivallo 3 / CH - 6900 Lugano / +41 (0)91 922 08 25 / lugano@ecocontrol.ch
www.ecocontrol.ch

MINERGIE® PARTNER SPECIALIZZATO
ticino * energia
CECE®

vello di falda è possibile ottenere la percentuale di umidità del terreno, mentre al di sotto della falda, attraverso algoritmi matematici appositamente sviluppati, lo strumento è in grado di evincere la percentuale tra il volume di acqua e di terreno. In condizioni di saturazione è dunque stato possibile ottenere importanti valutazioni della compattezza media del terreno contenuto tra i sensori a diverse profondità.

Il prototipo sviluppato (figura 6) si presenta come uno strumento portatile sotto forma di valigia di misura autonomamente alimentata da batterie, dotata di tutta l'elettronica necessaria per la generazione e il trattamento dei segnali ad alta frequenza, l'elaborazione dei dati misurati e dell'interfaccia utente per l'immissione e la visualizzazione dei dati. I sensori (antenne) sono sviluppati in modo da poter garantire la completa ermeticità anche alle massime profondità di misura.

Il perfezionamento e la produzione

Dopo l'ulteriore importante esecuzione di misure di verifica funzionale su campo svolte dagli ingegneri civili di Lombardi SA Ingegneri Consulenti sotto la supervisione dell'ing. Maren Katterbach, l'azienda ha conferito un successivo incarico per l'ulteriore miglioramento del sistema di misura agli ingegneri elettronici dell'ISEA. In particolare è stato richiesto *il perfezionamento dell'elettronica per l'ottenimento di profili di misura fino a una profondità di 70 metri,* necessari per consentire l'utilizzo del dispositivo in cantieri nazionali e internazionali. Il suo utilizzo è previsto in modo sistematico in importanti cantieri in tutto il mondo.

Lo studio di fattibilità del 2007, reso possibile dal patrocinio della Fondazione Lombardi Ingegneria, è stato la scintilla di una fruttuosa collaborazione ultradecennale, con numerose altre attività progettuali non citate, che ha condotto a notevoli risultati di ricerca oggi applicati in tutto il mondo. L'attività della Fondazione ha permesso di forgiare giovani professionisti, di metterli a contatto con il mondo dell'ingegneria civile e, grazie allo scambio di visioni e competenze, di realizzare una serie di strumenti innovativi entrati a pieno titolo nella prassi degli specialisti.

Questa esperienza è una valida testimonianza di come il mondo accademico (formazione e ricerca), se a contatto con il modo professionale o con quello industriale, può produrre grande motivazione e crescita professionale. L'eredità morale di Giovanni Lombardi e la proficua collaborazione con la Fondazione Lombardi Ingegneria hanno quindi permesso all'ISEA di consolidare il proprio sapere e di esplicare al meglio uno dei suoi mandati principali: sostenere il tessuto economico e industriale del Cantone Ticino mediante l'innovazione e il trasferimento di competenze e tecnologia.

Andrea Salvadè, direttore dell'Istituto Sistemi e Elettronica Applicata (ISEA), SUPSI
Samuel Poretti, ricercatore senior
Manuela Maffongelli, ricercatrice

L'Istituto ISEA ringrazia la fondazione Lombardi Ingegneria per aver favorito la creazione di questo ponte tra ingegneria civile e ingegneria elettronica.

EgoKiefer
Porte e finestre

Per ogni situazione.
La finestra in legno/alluminio Ego®Allstar

egokiefer.ch

Semplicemente confortevole.

Il restauro del patrimonio, tra materia e simbolo

Sergio Bettini*

Conservazione, restauro e riuso definiscono gradi e modalità di cura, trasformazione e valorizzazione del patrimonio culturale, inteso come l'insieme delle testimonianze materiali (i *beni*) che sostanziano la civiltà, la storia e la cultura di una società, di un luogo e della sua popolazione. Qualsiasi riflessione sulla tutela e sulla valorizzazione del patrimonio culturale presuppone pertanto un'accurata conoscenza dei beni che lo rappresentano e che partecipano, attraverso luoghi e oggetti differenti, alla formazione della memoria collettiva. Recenti rilevamenti statistici affermano, tuttavia, che proprio i centri storici italiani, vale a dire i nuclei più identitari delle città, si stanno progressivamente svuotando di residenti, di attività commerciali e servizi, mentre l'allargamento delle periferie ha dato luogo alla *città diffusa*, un amalgama edilizio che si espande sino a fondere in un tutt'uno i centri urbani.

Il risultato è che per un numero considerevole di immobili nei centri storici non esiste un piano di manutenzione e che l'investimento edilizio si è spostato dal centro alla periferia, come se gli italiani non volessero più abitare dove si concentrano monumenti, piazze, parchi e giardini, biblioteche, cinema e teatri, e ancora uffici e servizi, raggiungibili non solo in auto ma a piedi, in bicicletta e con il trasporto pubblico: «Oggi Roma è la sua periferia. Un quarto della popolazione, il 26,7%, vive fuori dal Gra», spiega Carlo Cellamare, docente di Urbanistica a La Sapienza;[1] «Un'emorragia che ha colpito il patrimonio residenziale, inutilizzato per percentuali pari anche al 40%. Con perdite di valore stimabile (se proiettate sul territorio nazionale) in alcune decine di miliardi», scrive Maria Chiara Voci.[2] Una ricerca condotta da Ezio Micelli e Paola Pellegrini[3] su dieci città di Veneto, Lombardia, Friuli e Trentino, di media grandezza (da 30mila a 200mila abitanti), caratterizzate dalla presenza di un centro antico, ha evidenziato come nel ventennio 1991-2011 (dati Istat) la percentuale di alloggi inutilizzati sia passata dal 21,3% al 41,8%. Un fenomeno diffuso e capillare che interessa l'intero territorio italiano coinvolgendo appartamenti e stabili collocati nella cerchia dei centri urbani, il cui valore storico-artistico e il precario stato di conservazione limitano le possibilità di ristrutturazione, con i relativi adeguamenti energetici e antisismici, rendendoli così meno appetibili per l'acquirente medio. Dobbiamo ritenere allora che la recente e flebile ripresa nel settore delle costruzioni, dovuta principalmente alla riqualificazione del patrimonio esistente – «nel 2016 il 79% del valore della produzione (110 miliardi su 139 totali) è dovuto alle ristrutturazioni» (rapporto Cresme 2016) – non riguardi, se non in minima parte, gli immobili collocati nei centri storici? Non sempre la riduzione dei residenti ha determinato un calo dei lavori di riqualificazione nelle aree centrali cittadine, molte delle quali per la crescita del turismo hanno invece registrato una consistente ripresa.

Occorre però interrogarsi su altre modalità per il recupero dei centri urbani, sollecitando politiche per la valorizzazione del costruito e l'attivazione di maggiori incentivi fiscali per la demolizione di molti scempi del passato e recenti, implementando quelli già emessi per il miglioramento energetico e sismico. Ne trarrebbero beneficio gli operatori del settore, dai professionisti alle imprese, sino ai produttori di materiali e si contribuirebbe inoltre a ridurre l'erosione e la cementificazione del paesaggio agricolo e naturale. Un buon esempio di come l'identità della città storica abbia guidato le nuove proposte di riqualificazione e di ripopolamento di un centro urbano è offerto dal progetto avviato nel 2004 dal comune di Lubiana sul corso della Ljubljanica, con un investimento di oltre 20 milioni di euro e il coinvolgimento di diversi studi professionali sloveni, tramite oltre 40 concorsi pubblici, per riassegnare al fiume un ruolo guida nella città, dal cuore alla periferia, secondo lo spirito del grande piano di Jože Plečnik, rimasto incompiuto.[4]

Negli ultimi decenni la pratica del restauro ha registrato un cambiamento significativo: semplificando potremmo dire che da *superficiale* sia diventato sempre più *strutturale*, essendo rivolto non solo alla conservazione delle patine, per dirla con Cesare Brandi, ma all'ossatura architettonica, estendendo le indagini ai momenti costruttivi dell'edificio. E ciò ha preso un notevole impulso con i terremoti che hanno ripetutamente colpito la penisola, esponendo il patrimonio monumentale, e più in generale l'edificato urbano, al pericolo di estinzione, mostrandone tutta la vulnerabilità (secondo il rapporto Ance-Cresme del 2012 «le aree a elevato rischio sismico sono circa il 50% del territorio nazionale e il 38% dei comuni»).

Occorre pertanto promuovere e diffondere, coinvolgendo l'intero settore delle proprietà immobiliari, *una cultura del monitoraggio periodico* sullo stato conservativo e la sicurezza sismica degli edifici, incluse le prestazioni energetiche. Il monitoraggio consente di minimizzare i costi manutentivi ed è la migliore garanzia per il mantenimento del valore economico dei fabbricati. Il costo delle attività di analisi, svolte a cadenze regolari e registrate su appositi fascicoli elettronici, potrebbe essere compreso all'interno di polizze assicurative per gli immobili.

Agli operatori del settore è dunque richiesta oggi la capacità di rispondere ad approcci multidisciplinari e interdisciplinari, portando ciascuno le proprie esperienze e competenze su una materia per la quale non esistono definizioni univoche e omnicomprensive. Basterebbe prendere il volumetto dal titolo *Che cos'è il restauro?*,[5] nel quale Paolo Torsello ha raccolto le definizioni fornite dai più autorevoli esperti della materia (oltre a Torsello, A. Bellini, G. Carbonara, S. Casiello, R. Cecchi, M. Dezzi Bardeschi, P. Fancelli, P. Marconi, G. Spagnesi Cimbolli), per rendersi conto di quanto ampia sia l'area semantica del termine restauro: «stilistico» «filologico», «scientifico», «di completamento/rinnovamento», «critico», «preventivo», «conservativo», «tipologico», «di ripristino» ecc. Per brevità potremmo dire che il *restauro* e la *conservazione* riguardano la matericità della fabbrica, la manutenzione delle superfici sino al consolidamento delle strutture, mentre il *riuso* implica l'inserimento di elementi imprescindibili alle necessità vitali dell'edificio, come gli impianti tecnologici, i collegamenti verticali, i servizi ecc.

Il sistema italiano ha maturato un'alta competenza nell'ambito della tutela, della conservazione e della valorizzazione del patrimonio culturale tanto da rappresentare un fattore di attrazione e di competitività nel panorama internazionale. Ciò grazie a una consolidata tradizione disciplinare e a un modello formativo che include anche strategie per la gestione e la promozione del patrimonio. Non v'è dubbio pertanto che l'inclusione di questi aspetti nella cultura del progetto architettonico possa migliorare la qualità stessa del costruito, essendo portatori di valori da trasmettere al futuro. Compito degli architetti sarà quello di tenerli assieme, mostrando la capacità di governare la complessità di un processo sempre più allargato e partecipato.

* Sergio Bettini è architetto e storico dell'architettura. Laureato e dottorato presso l'Istituto Universitario di Architettura di Venezia (IUAV), è abilitato a professore associato (seconda fascia) nel settore scientifico disciplinare ICAR/18-Storia dell'architettura, Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca. Dal 2012 è incaricato presso l'Accademia di architettura dell'Università della Svizzera italiana a Mendrisio. Esercita attività professionale nel restauro dei beni storico-architettonici (www.studiobettini.com).

Note

1. Sarah Gainsforth, Roma, *l'affare delle case ai turisti: Airbnb si prende il centro,* «La Repubblica», 20 maggio 2017.
2. Maria Chiara Voci, *Nei centri storici raddoppiano le case vuote,* «Il Sole24Ore-Casa24», 19 ottobre 2017.
3. Ezio Micelli, Paola Pellegrini, *Vuoto al centro. Impiego e abbandono del patrimonio dei centri antichi italiani,* «Territorio», 82, 2017, pp. 157-167.
4. Domenico Potenza, *Lubiana: la città e il mito,* in Ettore Vadini (a cura di), *Spazio pubblico e approccio interdisciplinare al progetto,* numero monografico di «L'architettura delle città. The Journal of the Scientific Society Ludovico Quaroni», Nuova Cultura, n. 10, 2017, pp. 109-130.
5. Paolo Torsello (a cura di), *Che cos'è il restauro? Nove studiosi a confronto,* Marsilio, Venezia 2005.

easyControls
KWL® facilemente azionabile da qualsiasi posto
Da subito sono disponibili i nuovi apparecchi KWL® di Helios, dotati dell`innovativo sistema di controllo easyControls. Grazie al WebServer integrato e al collegamento LAN si possono guidare comodamente con un Laptop o smartphone. In qualsiasi momento e da qualsiasi posto.
KWL® è un marchio, registrato da Helios Ventilatoren.

Helios Ventilatoren AG
Tannstrasse 4 ▪ 8112 Otelfingen
Tel. 044 735 36 36 ▪ Fax 044 735 36 37
info@helios.ch ▪ www.helios.ch
HELIOS LUFTTECHNIK

«Entrez lentement»

Fulvio Irace
Architetto e storico dell'architettura

1

Dovrebbe raccogliere l'invito scritto sulla soglia della *Maison en bord de mer* di Eileen Gray a Roquebrune – Cap Martin sulla Costa Azzurra, il visitatore che si accinga a entrare nel recinto arboreo dell'isola di San Giorgio a Venezia, dove la regia di Francesco Dal Co (con Micol Forti e monsignor Gianfranco Ravasi) ha disegnato la strategia espositiva di Vatican Chapels, che segna la prima volta della Santa Sede in una Biennale di Venezia: la 16. edizione della Mostra Internazionale di Architettura.

Se questa si svolge, come d'abitudine, nel mondano andirivieni dei Giardini di Castello, per Vatican Chapels, molto opportunamente, si è scelta una sede appartata: un'area non molto frequentata e conosciuta nell'Isola di San Giorgio Maggiore, dove la presenza di Palladio ha fatto passare in secondo piano la storia antichissima del sito, l'Insula Memmia romana e l'«isola dei cipressi» medievale.

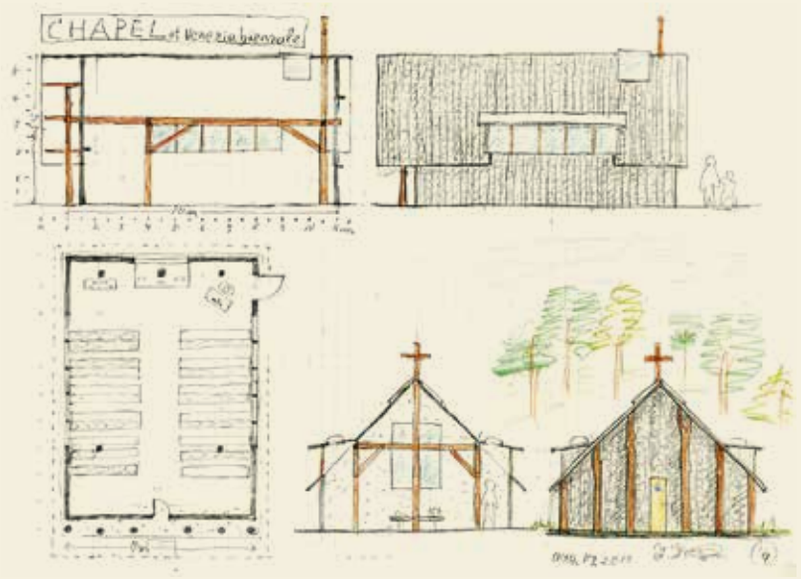
Alle spalle della Fondazione Cini, l'isola ha accolto nel tempo numerose trasformazioni, restauri e persino nuove edificazioni, cementando la sua vocazione a polo internazionale delle arti e delle culture. Da questo costante lavorio di accumulazioni, demolizioni, stratificazioni, prese forma, negli anni Sessanta del secolo scorso, un vasto parco che oggi ospita anche il cosiddetto «teatro verde», accanto al quale si snoda la fitta sequenza di un bosco il cui carattere «romantico» ha ispirato la decisione di eleggerlo come sito per questa insolita esposizione.

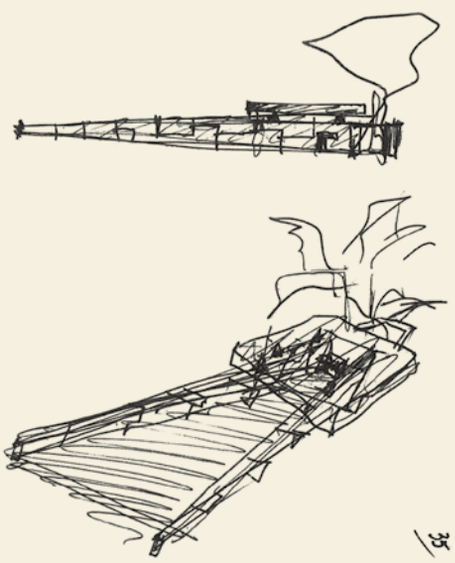
Insolito il tema, in un'epoca storica in cui il divario tra religione e religiosità ha prodotto un drammatico solco interpretativo tra fondamentalisti e sostenitori di una proteiforme spiritualità: quasi l'epilogo di quel «lungo itinerario – come ha spiegato monsignor Ravasi nella presentazione ufficiale del progetto – avviato alla fine del XIX secolo con il divorzio tra arte e fede che per secoli avevano camminato assieme». Nonostante la storia del XX secolo non sia infatti priva di edifici di straordinaria qualità evocativa, la diffidenza di un laicismo diffuso per l'espressione della spiritualità religiosa ha spezzato di fatto la millenaria confidenza dell'architettura con lo spazio del sacro, producendo una quantità di edifici modesti o di maniera.

Il messaggio di Vatican Chapels è dunque un'esortazione e un manifesto dell'importanza di ascoltare le voci di dentro, individuando non nella chiesa, ma nella «cappella» il possibile capo di declinazione di una nuova sensibilità.

Una sensibilità alimentata nel dialogo tra religioni e genti, tra individui e comunità, tra spazio racchiuso e natura, esplorando una tipologia per alcuni aspetti ibrida perché, come scrive Francesco Dal Co, «per la nostra cultura è usuale identificare la cappella con un ambiente ricavato per ragioni e finalità diverse all'interno di spazi religiosi più ampi e per lo più preesistenti [....] La richiesta rivolta agli architetti invitati a costruire il Padiglione della Santa Sede ha implicato, quindi, una sfida inusuale, poiché ai progettisti è stato chiesto di confrontarsi con un tipo edilizio che non ha precedenti né modelli facilmente individuabili».

Invece di esporre disegni e modelli, infatti, i curatori del Padiglione hanno decisamente imboccata la strada del coinvolgimento emozionale dello spazio, l'unica maniera di evocare la retorica del bel disegno e di affrontare il tema del contatto tra il corpo e la natura. Invece di una mostra di modelli, insomma,





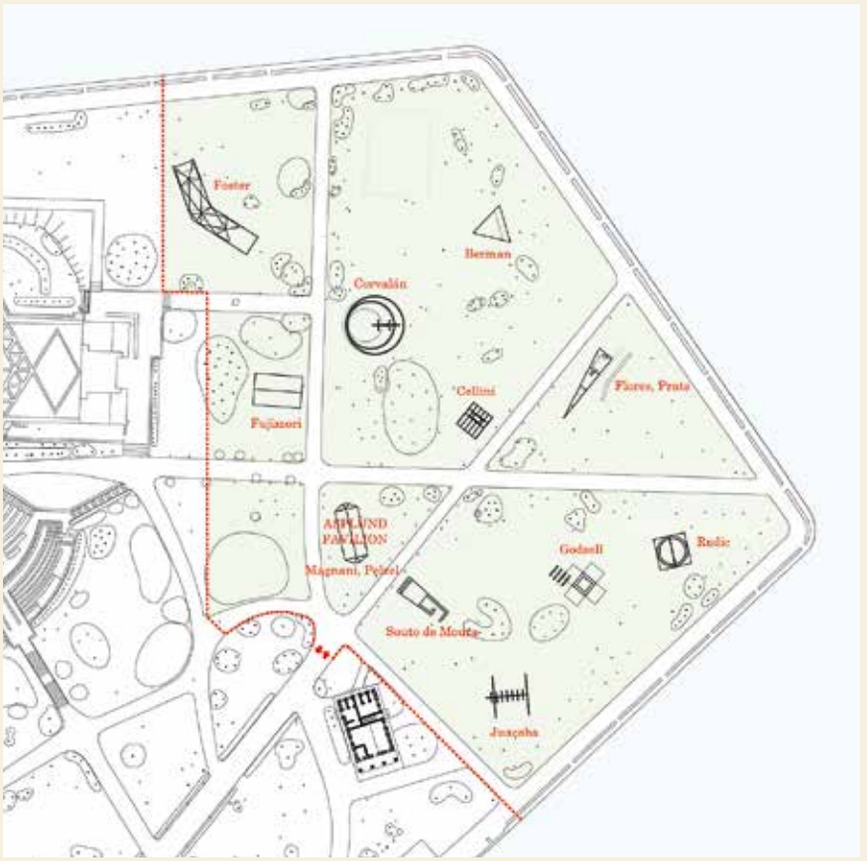
2
3

una mostra di mini-architettura; dentro le quali si può (anzi si deve) entrare «lentamente» per sperimentare l'invito alla meditazione, al di là di ogni appartenenza confessionale.

Dieci cappelle, disegnate da altrettanti architetti cui è stata imposta la sola presenza di un pulpito e di un altare: uno spazio da interpretare e declinare in totale libertà, assecondando pensieri, riflessioni e associazioni sintomatici della personale cultura e provenienza di ciascun progettista. Non uno spazio confessionale, ma uno spazio introverso: una pausa di silenzio individuale, favorito dalla peculiarità di un ambiente sospeso tra il bosco e la laguna.

Le dieci cappelle – che verranno riutilizzate dopo l'esposizione – sono dislocate in maniera libera, secondo un'idea di piano che ha tenuto conto delle storie di ciascun progettista, in modo da creare le condizioni di un'empatia profonda tra i progetti e un ambiente che «è solo una metafora del peregrinare della vita».

C'è tuttavia una chiave nel costruirsi di questa metafora, che è poi in fondo il silente Leit–motiv del Padiglione: la Skogskappellet costruita da Gunnar Asplund nel 1920 all'ingresso del Cimitero di Stoccolma. Anche chi non ha avuto la fortuna di recarvisi di persona, il capolavoro in miniatura di Asplund sprigiona il suo carisma a partire dai disegni e dalle foto, che saranno infatti esposte in un padiglione introduttivo all'ingresso del recinto di San Giorgio. Sublimazione di un paradossale legame tra il Nord e il Sud del Mondo, la cappella nel bosco di Asplund è il punto fermo di una memoria che riconduce il sacro all'ancestrale: un tempio domestico abitato da dei benevoli e vicini all'uomo, suggeritori di quella tolleranza universale che dovrebbe essere il principio basilare di ogni religione.

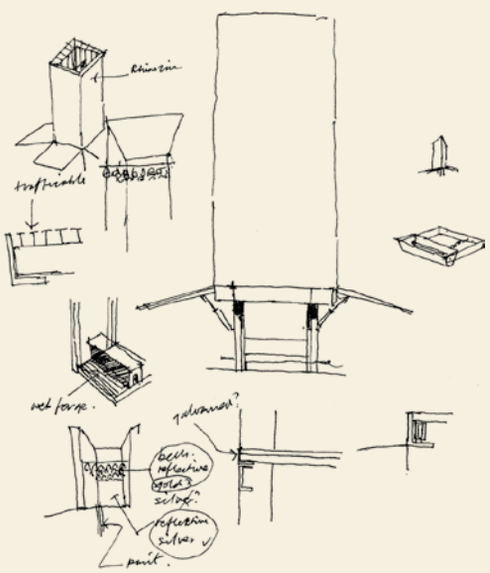


6

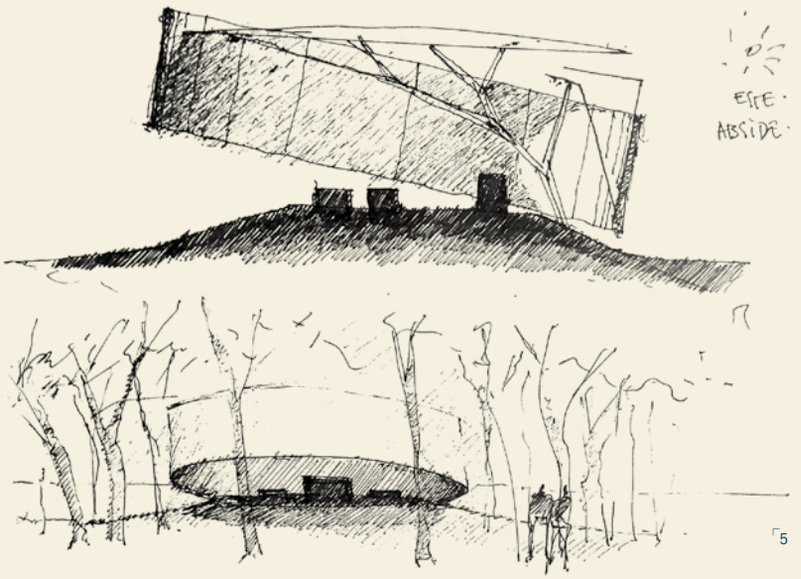
Francesco Dal Co, a cura di
Vatican Chapels
Electaarchitettura, Milano 2018

1 Erik Gunnar Asplund, Cappella del Bosco, Stoccolma 1920. Foto M. Mulazzani
2 Terunobu Fujimori. Schizzo di studio
3 Eduardo Souto de Moura. Schizzo di studio
4 Sean Godsell. Schizzo di studio
5 Javier Corvalán Espínola. Schizzo di studio. Fonte «Casabella», n. 884, aprile 2018, p. 114
6 Planimetria del sito, a sud dell'isola di San Giorgio. Fonte Vatican Chapels

Altre immagini dei progetti
www.espazium.ch/
archi3-18_entrez_lentement



4



5

Lombardi

Diga di Muttsee
Foto: Axpo

Lombardi - Innovazione ed esperienza

Dal 1995 il Gruppo Lombardi è leader nel campo delle infrastrutture sotterranee e idroelettriche. Assistiamo i nostri clienti dai primi studi di fattibilità fino alla messa in esercizio ed alla manutenzione dei loro progetti. Offriamo innovazione ed esperienza consolidata per proporre soluzioni ingegneristiche uniche. Dalla sede in Svizzera e dalle nostre filiali in Europa, America Latina ed Asia, il team del Gruppo Lombardi fornisce servizi in tutto il mondo.

Lombardi SA Ingegneri Consulenti
Via R. Simen 19, CH-6648 Minusio, T +41 (0)91 735 31 00, info@lombardi.group

Le altre sedi del Gruppo Lombardi:
Italia, Francia, Austria, Belgio, Guatemala, Ecuador, Cile, Perù, India

www.lombardi.group

I *luoghi* della tecnica

Mercedes Daguerre

Ponti, dighe, gallerie, caverne, viadotti e metropolitane, manutenzione, riparazione e ripristino di impianti idroelettrici esistenti, edilizia e risanamento ambientale, progetti pionieristici e consulenze internazionali, Giovanni Lombardi (1926-2017) e il suo studio crescono in oltre mezzo secolo di attività assumendo connotati sempre più diversificati che esprimono le molteplici sfaccettature dell'ingegneria contemporanea.

Senza la pretesa di cogliere in poche pagine la complessità della sua intera produzione, l'approccio del numero si focalizza su alcuni aspetti dell'opera di Lombardi che testimoniano dei tratti innovativi nell'ambito dell'ingegneria strutturale, della geo-ingegneria e della meccanica delle rocce. La ricerca teorica che porta all'invenzione di formule e modelli di calcolo o quella empirica che propone dispositivi costruttivi da applicare alla risoluzione di problemi concreti emersi in cantiere, l'interesse verso le straordinarie possibilità che offriva l'informatica, la costante indagine nel campo delle energie rinnovabili, l'interdisciplinarietà come irrinunciabile modalità di lavoro, sono elementi che evidenziano la sua alta concezione della disciplina.

L'asse tripolare costituito da Zurigo (luogo della sua formazione presso l'ETH dove ottiene il diploma di ingegnere civile nel 1948 e il dottorato in Scienze Tecniche nel 1955), il Canton Ticino – ambito delle sue realizzazioni più rilevanti in suolo elvetico come la diga di Contra in Val Verzasca (1957-1966), la galleria autostradale del San Gottardo (1966-1980) e il tunnel ferroviario di AlpTransit (1995-2016) – e Milano (città che accoglie la prima filiale estera della Lombardi Ingegneria con l'avvio della fase di espansione internazionale alla fine degli anni Novanta), costituisce un percorso di riferimento che riesce a delineare una certa specificità del suo operare all'interno della cultura politecnica che interessa la strategica problematica infrastrutturale dell'attraversamento del cuore dell'Europa. Infatti, il trasferimento di una conoscenza tecnico-scientifica del mestiere a un'efficiente *governance* dell'intero processo costruttivo implica anche un'attenta lettura del luogo come elemento caratterizzante dell'inserimento delle sue opere nel paesaggio alpino.

Peraltro, anche le opere di Lombardi contribuiscono con il proprio potenziale simbolico a costruire un immaginario delle Alpi in cui il fascino della grande scala delle infrastrutture svolge un ruolo determinante, ma la loro cifra non sembra misurarsi con la dimensione modernista del contrasto tra tecnica e natura trasferito sul piano del «sublime tecnologico», il suo registro è piuttosto quello della ricerca di una risposta progettuale ottimale, in cui l'interpretazione del luogo e la valutazione dell'impatto ambientale sono concepite come funzioni empiriche inerenti all'intervento. Non a caso, è a partire dagli anni Settanta che si avvia a diversi livelli – attenzione per la cultura materiale, valorizzazione delle risorse, istanze ecologiche, sviluppo economico locale, conciliazione tra abitabilità dello spazio montano e protezione della natura – un dibattito che esprime un ripensamento complessivo dei significati e delle valenze del territorio alpino.

L'intensa attività all'estero evidenzia inoltre non solo la capacità di gestione della complessità delle grandi opere in ogni angolo del mondo tramite la propria competenza professionale, ma anche un atteggiamento di apertura, flessibilità e adattamento a culture del mestiere e procedure locali differenziate. In questo senso l'evoluzione dell'assetto organizzativo del suo studio e la sua stessa esperienza progettuale si pongono come esempio emblematico delle trasformazioni della disciplina e del ruolo attribuito all'ingegnere in questa fase del processo di globalizzazione.

Infine, questo numero di *Archi* vorrebbe presentarsi come un contributo – per quanto puntuale e circoscritto – a quel nuovo filone della storia dell'ingegneria strutturale che varcando i confini tra i vari settori disciplinari tenta di muoversi all'interno di *altre storie*; una storia in divenire in cui – come dimostrano i saggi presentati – la figura di Giovanni Lombardi inizia a profilarsi nella sua peculiarità.

«La costruzione del paesaggio alpino per ponti, chiuse, dighe, rinforzi, scarpate, esprime l'applicazione precisa di un discorso universale che si è riidentificato in questo paesaggio come fatto singolare».

Aldo Rossi, Eraldo Consolascio, Max Bosshard, 1986

Le serate di *Archi*
Il presente numero, le attività della rivista e della casa editrice saranno presentati presso la Fondazione dell'Ordine degli Architetti PPC della Provincia di Milano, in via Solferino 19, il prossimo **12 giugno 2018, alle 19.30**

Die Orte der Technik

Mercedes Daguerre

«Die Konstruktion des Alpenraums mittels Brücken, Schleusen, Staudämmen, Stützmauern und Böschungen ist der präzise Ausdruck eines universellen Diskurses, der sich in dieser Landschaft in einer singulären Form verkörpert.»

Aldo Rossi, Eraldo Consolascio, Max Bosshard, 1986

Brücken, Staudämme, Tunnel, Viadukte und unterirdische Anlagen; Unterhalt, Reparatur und Instandsetzung bestehender Wasserkraftwerke; Gestaltung und Sanierung der gebauten Umwelt; Pionierprojekte und internationale Beratungstätigkeit: Giovanni Lombardi (1926-2017) und sein Büro bauten ihren Wirkungsbereich im Lauf eines halben Jahrhunderts stetig aus und erweiterten ihn um neue Aktivitäten, welche die zahlreichen Facetten des modernen Bauingenieurwesens widerspiegeln.

Dieses Heft erhebt nicht den Anspruch, auf wenigen Seiten die Komplexität der gesamten Tätigkeit Lombardis zu erfassen. Es fokussiert auf einige Aspekte seiner Arbeit, die seine Innovationskraft verdeutlichen, etwa in den Bereichen Bauingenieurwesen, Geo-Engineering und Felsmechanik. Lombardis gesamtes Schaffen zeugt von seinen hohen Ansprüchen an die eigene Disziplin. In seinen theoretischen Studien entwickelte er neue Formeln und Berechnungsmethoden; seine empirische Forschung brachte Lösungen für konkrete Probleme während des Bauprozesses; er verfolgte die neuen Möglichkeiten, die sich durch die Digitalisierung boten; er interessierte sich für das Potenzial erneuerbarer Energien; und er bestand auf die Interdisziplinarität als unverzichtbaren Ansatz bei seiner Arbeit.

Die drei wichtigsten Stationen von Lombardi Berufsleben waren zunächst Zürich, wo er an der ETH studierte, 1948 sein Diplom als Bauingenieur ablegte und 1955 zum Doktor in Technischen Wissenschaften promovierte; dann der Kanton Tessin, wo er seine wichtigsten Schweizer Projekte realisierte, etwa den Verzasca-Staudamm (1957-1966), den Gotthard-Strassentunnel (1966-1980) und den AlpTransit-Eisenbahntunnel (1995-2016); und schliesslich Mailand, die Stadt, in der er Ende der 1990er-Jahre die erste ausländische Niederlassung von Lombardi Ingegneria eröffnete und damit den Beginn einer internationalen Expansionsphase markierte. Diese Orte stehen auch für seine Kultur des Ingenieurwesens und für sein besonderes Interesse, Strategien und Lösungen für eine Infrastruktur zu entwickeln, die das Herz Europas durchqueren kann. Die Ausweitung des technisch-wissenschaftlichen Fachwissens auf eine effiziente Governance des gesamten Bauprozesses implizierte für Lombardi immer auch eine aufmerksame Lesung des Ortes als spezifischen Rahmen für die Einbindung der Bauwerke in die alpine Landschaft.

Das symbolischen Potential der seiner Werke schafft eine alpine Bildwelt, in der die Faszination für die monumentale Dimension der Infrastruktur eine entscheidende Rolle spielt. Der Schlüssel zum Werk ist jedoch nicht die modernistische Interpretation des Kontrastes zwischen Technik und Natur auf der Ebene des «technologisch Erhabenen», vielmehr sind der Ort und die Wirkung des Werkes auf seine Umgebung fixe Komponenten des Entwurfsprozesses. Es ist kein Zufall, dass genau in den 1970er Jahren eine Debatte ihren Anfang nahm, die unter verschiedenen Aspekten – Materialsensibilität, ökologische Nachhaltigkeit, lokale wirtschaftliche Entwicklung, Versöhnung zwischen Bewohnbarkeit und Schutz der Alpen – die Bedeutung und die Werte des Alpenraums neu zu denken begann.

Die intensive Tätigkeit Lombardis im Ausland zeugt nicht nur von seiner Fähigkeit, komplexe Projekte in jedem Winkel der Welt fachlich kompetent durchzuführen, sondern auch von einer Haltung der Offenheit, Flexibilität und Anpassungsfähigkeit an die jeweils vorherrschende Ingenieurskultur sowie die lokalen Verfahren. Der Aufbau und die Entwicklung der Organisationsstruktur seines Büros, aber auch seine gesammelte Erfahrung in der Projektierung stehen emblematisch für den Wandel des Faches und für die Rolle, die Lombardi in dieser Phase des Globalisierungsprozesses einnimmt.

Mit diesem Heft möchte *Archi*, wenn auch schlaglichtartig und thematisch begrenzt, dazu beitragen, die Geschichte des Bauingenieurwesens über die Grenzen der verschiedenen Fachgebiete hinweg neu zu erzählen: Eine Geschichte, in der – wie die Beiträge zeigen – die Figur von Giovanni Lombardis sich in ihrer ganzen Vielschichtigkeit abzuzeichnen beginnt.

Scienza e tecnica di un mestiere

Giulio Barazzetta,* Andrea Pedrazzini
*Architetto, professore di Composizione architettonica e urbana al POLIMI

Questo numero di *Archi* è dedicato all'opera di Giovanni Lombardi e alla sua figura d'ingegnere civile progettista. Come lui stesso illustra, la peculiarità del suo contributo al mestiere e alla disciplina si concentra sul rapporto fra l'opera progettata, eseguita, messa in esercizio, assistita nel suo ciclo di vita, e la complessa natura del suo contesto.[1]

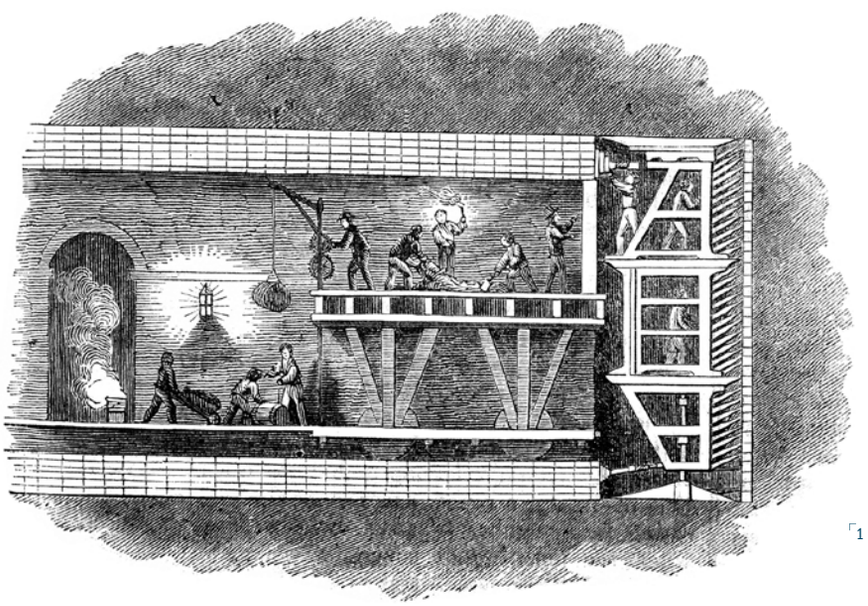
Il neologismo *geo-ingegneria* connota il ramo dell'ingegneria civile che si occupa di dighe e tunnel, rispetto a quello di ponti e viadotti. Opere quest'ultime tradizionalmente intese nel lessico storico dell'ingegneria come «opere d'arte maggiori», definizione che dichiara come il ponte sia *manufatto* per eccellenza, attestando lo sforzo eccezionale che attua l'insediamento umano, la permanenza del superamento dell'ostacolo materializzato nell'opera, effettuato dalla razionalità condotta dal saper fare, infine la trasformazione di genere da *orrido* in *ameno*.

Guardando il sintetico panorama documentato in questo numero di *Archi*, considerando l'intervallo del tempo recente delle realizzazioni, dobbiamo osservare che, grazie all'ingegneria di progetto e costruzione, questa definizione si è estesa a tutte le grandi opere, comprendendo quelle della viabilità sotterranea e quelle – come le dighe – che hanno mutato profondamente l'orografia, la natura dei luoghi e il paesaggio per trarre energia e acqua per la società civile nei cento anni ora trascorsi.

Costatiamo così che anche la nozione di scala è stata essenzialmente rivista nelle pratiche della trasformazione del mondo, ricercando quell'idea di territorio come grande ambiente del progetto che ci ricorda la lezione d'ingegneri della qualità di Vauban e Donegani. Maestri dell'interpretazione dei luoghi come struttura intrinseca cui l'opera deve necessariamente adeguarsi trovando una sua naturalezza. Orografia e tracciato di percorso, fortificazione, galleria o diga che siano.

In questa dimensione di lungo periodo dell'ingegneria il salto di scala nella considerazione delle situazioni corrisponde nella contemporaneità del mestiere all'adesione alla dimensione industriale del progetto e a quella pubblica del suo governo. S'intende qui notare il salto organizzativo che la conduzione di queste opere ha comportato, il lavoro collettivo che le anima e supporta, con la conseguente inclusione della «autorialità» personale nell'opera collettiva, nell'inevitabile multidisciplinarietà simultanea di contributi nel *continuum* del processo di discussione e messa a punto di progetti di tale complessità e dimensione. Ma s'intende qui porre l'accento anche sull'evoluzione di una concezione di progetto che, abbandonando sempre di più lo sfoggio di potenza nelle grandi opere, privilegia invece l'interazione e l'adeguamento all'ambiente, nonché il contributo alla conservazione del paesaggio.

Proprio nel procedere del progetto verso la realizzazione è necessaria la stretta relazione empirica fra pratiche e scienze, che è una caratteristica della figura di Giovanni Lombardi. Sebbene questa particolare relazione sia un carattere generale della cultura politecnica, vogliamo sottolineare qui come lo stesso Lombardi ne sia personificazione composita, a cui principalmente concorrono la formazione e il dottorato a Zurigo, la posizione in Canton Ticino dell'attività ora internazionale,



1

e infine la laurea *ad honorem* conferitagli dal Politecnico di Milano. Non a caso, il soggetto della sua *lectio* in quell'occasione[2] è l'illustrazione dell'esperienza nel campo delle dighe, la discussione del nesso fra lettura della natura del suolo – orografica e geologica –, invenzioni tecniche di sperimentazione, di ideazione, costruzione e allestimento della captazione di energia. Una complessità non esaurita alla messa in funzione dell'impianto, ma con ricadute essenziali nelle tecniche di progettazione avanzata di simili opere, che anticipano sin dall'interpretazione delle situazioni con sempre maggiore approssimazione il comportamento della costruzione nel suo esercizio.

Così come la conseguente trasformazione della mobilità transalpina, alla conclusione della sua realizzazione, non esaurisce l'avventura dei tunnel transalpini svizzeri in un'esperienza di progettazione di alto profilo esclusivamente continentale. L'interpretazione del cuore roccioso d'Europa, come problema: territorio da attraversare e paesaggio delle infrastrutture, permette il trasferimento delle tecniche di questi tracciati di mobilità sotterranea a realizzazioni recenti quali il tunnel sotto il canale della Manica, e in corso come il tunnel sotto lo stretto di Gibilterra.

Abbiamo deciso di comporre questo numero basandoci sul dialogo delle nostre competenze di progettisti, ingegnere e architetto, provando a rendere evidente il suo profilo con sguardi diversi e di metterli per così dire «in tensione» con una raccolta di opere scelte. Abbiamo potuto escludere la necessità di dover costruire un profilo generale, data la notorietà della figura e delle opere di Giovanni Lombardi ed essendo facilitati in questo dalle pubblicazioni generali concernenti la sua attività editate da lui stesso nel 2005[3] e dalla Lombardi SA nel 2015.[4] Così come non possiamo non far riferimento al numero di *Archi* dedicato al territorio di AlpTransit,[5] e a quello, già citato, che pubblica le sue due lezioni al Politecnico e alla SUPSI.

Abbiamo invece cercato di approfondire il suo contributo al mestiere e alla disciplina selezionando sondaggi approfonditi e raccogliendo testimonianze che rendessero nuovi contributi e allargassero lo sguardo al suo lavoro.

A Tullia Iori, professore ordinario titolare della ricerca SIXXI, Storia dell'Ingegneria strutturale in Italia, assieme a Ilaria Giannetti ricercatrice dell'università di Roma Tor Vergata, e ad Andrea Debernardi, ingegnere civile progettista, dottore in Pianificazione regionale e ambientale, progettista di trasporti e mobilità, titolare dello studio META (Mobilità-Economia-Territorio-Ambiente) abbiamo chiesto di inquadrare la figura e l'opera di Giovanni Lombardi e di Lombardi SA dai loro specifici punto di vista della storia dell'ingegneria e della progettazione ambientale delle infrastrutture dei trasporti.

Al professor Giovanni Barla, già professore ordinario di Meccanica delle Rocce al Politecnico di Torino ed editore della rivista «Rock Mechanics and Rock Engineering», di poterne illustrare il contributo all'avanzamento delle disciplina e delle pratiche.

Infine Gabriele Neri ha raccolto la preziosa testimonianza dell'ingegnere Andrea Mondada, stretto collaboratore di Giovanni Lombardi sin dal 1956, che riporta in un serrato racconto autobiografico la modificazione della progettazione di opere complesse nel nostro tempo.

Abbiamo infine selezionato l'elenco di *opere scelte* in tre sezioni rappresentative di «dighe e impianti», «strade e tunnel», «innovazioni e contributi scientifici», anche in collaborazione con gli ingegneri Francesco Amberg e Maren Katterbach del Gruppo Lombardi, che qui ringraziamo per la messa a disposizione dell'archivio dello studio e del materiale dei progetti e per il dialogo costante con la redazione di *Archi*.

2
3

1 Marc e Isambard Brunel, lo «scudo» per lo scavo del tunnel sotto il Tamigi, Londra 1825-1843. Fonte SOTK2011 / Alamy Foto Stock

2-3 Silvano Zorzi, Carlo Cestelli Guidi, Ulrich Finsterwalder. Fotomontaggio del modello per il progetto di un ponte sommerso per lo stretto di Messina, 1980. Fondo Zorzi, Archivi Storici, Politecnico di Milano

Theorie und Praxis im Bauingenieurwesen

Giovanni Lombardis Berufsbild des Bauingenieurs und sein besonderer Beitrag zur Disziplin konzentrierten sich auf die enge Verfelchtung von Entwurf, Planung, Ausführung, Betrieb und Unterhalt bei jedem Bauwerk – während dessen ganzen Lebenszyklus und stets in einem komplexen Zusammenspiel mit dem Kontext. Heute zeigt sich, dass grossmasstäbliche Projekte ein Denken in industriellen Dimensionen und eine öffentliche Governance benötigen: Auch im Projektmanagement hat ein Massstabssprung stattgefunden. Werke ab einer gewissen Komplexität und Dimension bedingen die Zusammenarbeit einer Vielzahl von Akteuren; die persönliche Autorenschaft fügt sich konsequent in die kollektive Arbeit ein, die Beiträge unterschiedlicher Disziplinen fliessen kontinuierlich in den Prozess ein. Bei der Ausführung ist auch jene empirische Verbindung von Praxis und Forschung nötig, die für Giovanni Lombardi charakteristisch war. Zwar ist diese Kombination ein Merkmal der polytechnischen Kultur im allgemeinen, doch bei Lombardi bestimmte sie die gesamte Projektierung: Er nahm die Wirkung des fertiggestellten und in Betrieb genommen Werkes auf seine Umwelt bereits mit der Interpretation des Bauplatzes vorweg und plante sie von Anfang an ein. In diesem Heft haben wir als Ingenieure, Planer und Architekten versucht, das Profil Giovanni Lombardis aus verschiedenen Blickwinkeln zu beleuchten und spannungsreich mit einer Werkauswahl in Dialog treten zu lassen.

Note

1. Cfr. *Giovanni Lombardi*, in «Archi», 2, 2004, pp. 60-85.
2. *Ibidem*.
3. Cfr. Cristina Lombardi (a cura di), *Giovanni Lombardi ingegnere, studi e opere 1950-2005*, Skira, Milano 2005.
4. *Lombardi – Con energia per il futuro*, Locarno-Minusio 2015.
5. Cfr. «Archi», 3, 2016.

Giovanni Lombardi nella storia dell'ingegneria strutturale

Tullia Iori, Ilaria Giannetti
Storiche dell'ingegneria, responsabile scientifico e ricercatrice del progetto SIXXI presso l'Università degli studi di Roma Tor Vergata

La storia dell'ingegneria strutturale è una storia ancora da scrivere. Il fatto che non si sia ancora affrontato questo tipo di lavoro, rispetto alla ben più approfondita storia dell'architettura, ha almeno un motivo evidente: la scarsa simpatia tra l'ingegnere e la storia.

Non ci si può aspettare che sia l'ingegnere – l'ingegnere ortodosso che ambisce a progettare il futuro – a ripensare la storia, si tratti pure della propria. Contemporaneamente, la consolidata storiografia architettonica, che pure ha sempre guardato con curiosità alle strutture moderne, non è attrezzata a spingere l'indagine fino alle implicazioni scientifiche, che nella progettazione strutturale svolgono un ruolo vitale. C'è dunque una difficoltà oggettiva a collocare la storia dell'ingegneria strutturale in un ambito disciplinare definito.

La struttura è un oggetto di natura radicalmente transdisciplinare e per studiarla occorre superare gli strumenti usuali dell'interdisciplinarietà, basata sul team di specialisti.

Lo storico che vuole rileggere questa storia, che è una storia materiale, non può fare appello alla «collaborazione», ma deve attrezzarsi a compiere egli stesso, autonomamente, percorsi trasversali: deve passare attraverso la storia della scienza, la storia della tecnica, la storia della costruzione, la storia dell'architettura, varcando continuamente le frontiere tra i vari settori disciplinari.

Dal 2011, con il progetto di ricerca SIXXI (Twentieth Century Structural Engineering: the Italian Contribution – Storia dell'ingegneria strutturale in Italia) finanziato da un Advanced Grant del Consiglio Europeo della Ricerca (ERC), assegnato a Sergio Poretti, ci siamo trovati ad affrontare la sfida, limitatamente però all'ambito italiano.[1]

È un lavoro difficile quanto affascinante. Questa investigazione affronta, infatti, territori per lo più inesplorati: per condurla si devono trovare le chiavi di archivi mai consultati, riesumare protagonisti dimenticati, riscoprire bibliografie sepolte, spolverare fotografie di cantiere sperdute in fondi malamente accantonati, rileggere calcoli scritti a mano in relazioni con troppi passaggi omessi e pieni di «come è noto» mentre noto, oggi, dopo l'arrivo dei software, non è più niente. E poi ricomporre e continuamente aggiornare il puzzle, mettendo a fuoco e collegando aspetti eterogenei: i contributi scientifici, l'opera dei progettisti, le vicende dei cantieri e delle imprese, facendo luce su intere fasi della vicenda rimaste nell'ombra.

Il lavoro che abbiamo cominciato per l'Italia con SIXXI deve essere urgentemente esteso ai paesi industrializzati, almeno nel panorama europeo e nord americano. Perché se le storie saranno diverse, rispecchiando le vicende economiche, politiche, sociali dei diversi paesi, è altresì chiaro che sono storie profondamente legate.

Nell'Ottocento questo è più evidente, per via della diffusione capillare di tipologie progettuali omogenee (ponti sospesi, travate a traliccio, archi reticolari in ferro pudellato), per nulla influenzate dalle tradizioni costruttive locali: e per di più calcolate secondo modelli analitici o grafici sviluppati in poche accademie europee (centri di eccellenza che attraggono studenti e professori di ogni Paese) e poi diffusi senza confini nel resto del mondo.

Ma è vero anche nel Novecento: l'ingegneria di questo secolo è, infatti, ancora basata su alcune tipologie strutturali (il ponte ad arco, l'hypar, il viadotto a pile alte e travata rettilinea ecc.), che per definizione incarnano la coerenza tra forma geometrica e assetto statico. La struttura moderna è pur sempre il simbolo del progresso, la conseguenza fatale dell'applicazione della scienza. Così, in tutti i paesi, mantiene un carattere unitario, omogeneo, la cui radice comune è il positivismo scientifico.

Tanto che ovunque la struttura nel XX secolo si avvia, da una parte, allo sviluppo «globalizzato» delle strutture metalliche (strutture reticolari spaziali, tensostrutture ecc.) e, dall'altra, alla sperimentazione sul cemento armato.

Sebbene più influenzato da esperienze autoctone, questo nuovo materiale, nato in Francia, perfezionato in Germania e poi diffuso capillarmente grazie anche a brevetti competitivi di origine nazionale, si sviluppa tra inestricabili influenze nei vari paesi.

In Italia, per esempio, il ponte del Risorgimento non sarebbe mai stato costruito dal concessionario Giovanni Antonio Porcheddu se François Hennebique non fosse intervenuto in aiuto, stravolgendo il progetto iniziale.[2] Eugenio Miozzi non avrebbe potuto realizzare il più ardito ponte sul Canal Grande a Venezia, quello degli Scalzi davanti alla stazione ferroviaria, introducendo le sue innovative «distorsioni sistematiche, se Eugène Freyssinet non avesse sperimentato le soluzioni «coattive» per correggere la linea d'asse dell'arco.[3]

E quanti progettisti e quante imprese europee hanno collaborato alla trasformazione del ponte ad arco, che perduta la pesantezza atavica della muratura, si trasforma in una giustapposizione suggestiva di volte, piani, puntoni appuntiti (e che poi in Italia, grazie alla complicità del «tubo Innocenti»,[4] resiste fino agli anni del boom, mentre negli altri paesi viene soppiantato da altre tipologie più razionali)? E quali sono le origini di quella straordinaria e collettiva avventura delle volte sottili e dello sfruttamento della «resistenza per forma», che dalla fine degli anni Venti alla seconda guerra mondiale vede contemporaneamente sulla scena: i planetari e le voltine cilindriche di Franz Dischinger, le coperture a doppia curvatura sinclastiche e anticlastiche di Eduardo Torroja, gli ombrelli a paraboloide iperbolico di Giorgio Baroni e le volte geodetiche di Pier Luigi Nervi, oltre alle meno note coperture di Bernard Lafaille. Ancora qualche esempio: in Italia i ponti ad arco sottile e impalcato irrigidente tipo Maillart si diffondono perché importati dagli scienziati Galli e Ceradini, entrambi «visiting scholars» nel laboratorio di Zurigo di Mirko Roš, per ragioni e in periodi diversi. E il ponte a pile alte e travata rettilinea costruito «poco a poco», che sostituisce repentinamente il ponte ad arco, è conseguenza della disponibilità a basso costo di macchine per la costruzione a sbalzo, provenienti dai cantieri della Dywidag (magari poi ridisegnate integralmente da Silvano Zorzi). Infine, senza le ricerche di Albert Caquot e Dischinger sui ponti strallati, che ne rilanciano lo sviluppo nel secondo dopoguerra, avrebbe mai potuto Riccardo Morandi pensare alla soluzione del ponte strallato omogeneizzato in cemento armato precompresso, che lo porta alla metà degli anni Sessanta ai vertici dell'ingegneria mondiale?

Sottolineata dunque che l'ingegneria internazionale procede lungo vie comuni, occorre certamente spostare l'attenzione sui caratteri non ortodossi, sulla peculiare qualità espressiva delle opere nazionali che ci ha chiarito, per esempio, perché la Scuola italiana di Ingegneria sia così identitaria e riconoscibile. E lo stesso percorso andrebbe compiuto per le singole ingegnerie nazionali: su tutte quella svizzera, che condivide con l'esperienza italiana molti capisaldi.

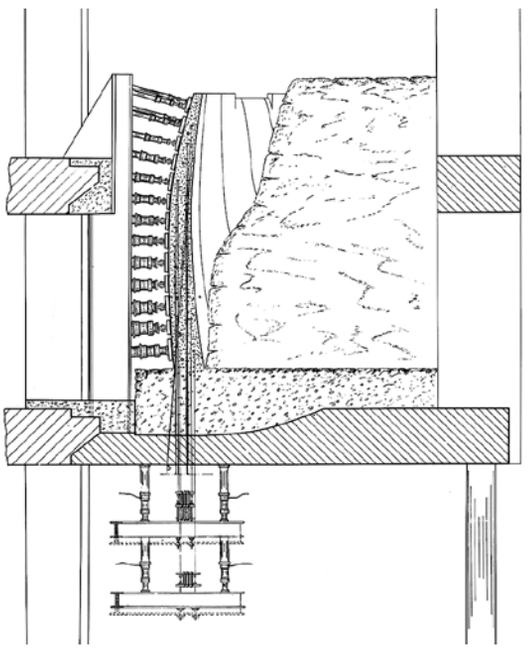
Solo una volta ricostruita la storia dell'ingegneria strutturale sarà possibile comprendere il ruolo di Giovanni Lombardi in questa avventura. Viaggio che invece adesso è su un sentiero sterrato, che proviamo a percorrere con grandi salti.

Lombardi nasce nel 1926: nel gioco dei paralleli con la situazione italiana, ha dunque la stessa età del visionario Sergio Musmeci (1926-1981) ma gioca il ruolo di altri progettisti, come Pellegrino Gallo (1925-2005) o Alfredo Passaro (1922-1994), che hanno contribuito nella fase post miracolo economico a preservare l'identità della Scuola italiana di Ingegneria contro i dirompenti processi di omologazione.

Laureato all'ETH di Zurigo nel 1948, Lombardi indirizza subito la sua carriera facendo pratica, tra il 1949 e il 1950, nello studio di Henri Gicot (1897-1982), a Friburgo. Gicot è, a sua volta, allievo di Heinrich E. Gruner (1873-1947), che ha introdotto in Europa il modello americano di diga ad arco tipo Jorgensen ed è stato promotore, nel 1928, del primo gruppo di esperti riuniti nel Comitato svizzero delle dighe (trasfor-

1

2



3

1 Modello della diga e della roccia di fondazione
2 Modello preliminare in legno
3 Schema delle attrezzature per l'applicazione del peso proprio e del carico idrostatico

Fonte Rapporto «Esperienze statiche su modello della diga di Contra», ISMES Bergamo, 1962

mato, nel 1948, nel più ufficiale Comitato Nazionale Svizzero delle grandi dighe dallo stesso Gicot, che ne sarà presidente fino al 1961). Gicot è riconosciuto come uno dei principali progettisti di dighe in Svizzera: collabora al pionieristico progetto della diga di Montsalvens presso Broc, firma il progetto della diga ad arco di Rossens e poi di molte altre del dopoguerra, tra cui la prima diga a doppia curvatura della Svizzera, quella di Les Toules sul Gran San Bernardo e l'originalissima diga a doppio arco di Hongrin.

Dopo questa prima decisiva esperienza, Lombardi, tra il 1952 e il 1955, passa nello studio di Arnold Kaech (1881-1965) a Berna, anche lui membro del gruppo di esperti del primo comitato di Gruner e noto progettista di impianti idroelettrici. Quindi, nel 1955, consegue il dottorato sullo studio statico delle dighe a volta sottile e subito dopo fonda con Giuseppe Gellera (1925-1976), compagno di università, lo Studio di Ingegneria Lombardi & Gellera a Locarno.

Con questi precedenti, le dighe non possono che essere il centro dell'attenzione dello studio dei giovani progettisti. Certo, di protagonisti come Gicot e Gruner – al pari di altri altrettanto rilevanti come gli italiani Angelo Omodeo (1876-1941), Luigi Kambo (1880-1956), Carlo Semenza (1893-1961), Claudio Marcello (1901-1969) o il francese André Coyne (1891-1960) – si conosce assai poco, nonostante il loro ruolo determinante nell'evoluzione della tipologia delle dighe.

A parte il contributo teorico, comprendere il ruolo di Lombardi nel processo d'innovazione della tipologia strutturale della diga è invece oggi molto difficile.

Se provassimo a tratteggiare un quadro di larga massima dello sviluppo delle dighe in Italia nel Novecento, periodo dei maggiori investimenti nel settore dell'energia idroelettrica (parte rilevantissima della storia dell'ingegneria ma che nemmeno con la ricerca SIXXI si è riusciti ancora ad affrontare), un primo dato utile per interpretare il fenomeno sarebbe quello del numero di dighe operative: circa una trentina fino al 1920, diventano 200 prima della seconda guerra mondiale, a dimostrazione dell'interesse del fascismo verso l'energia autarchica – il «carbone bianco» – ma anche verso la regolamentazione dell'irrigazione, utile all'auspicato sviluppo dell'agricoltura e, più in generale, alle vaste operazioni di bonifica su cui il Regime fonda gran parte della sua politica interna. Dopo la guerra, è il boom: a partire dal 1950 vengono realizzate circa 10 nuove dighe l'anno, tanto che il numero totale raddoppia intorno al 1970. Poi, complice la più generale crisi economica che investe il Paese, tutto rallenta e nei successivi trent'anni ne vengono costruite appena un centinaio. In verità, a incidere sul declino di nuovi progetti è anche il tragico incidente del Vajont: da quell'ottobre 1963, la nuova consapevolezza circa i rischi legati alla costruzione di queste opere, che trasformano bruscamente territori bellissimi quanto in complicato equilibrio, e la sempre maggiore attenzione alla conservazione dell'ambiente naturale, rende più controverso il rapporto con la popolazione.

Lo sviluppo degli impianti idroelettrici negli anni del boom non coinvolge però solo l'Italia, ma tutti i territori con configurazioni adatte, in particolare quelli che confinano con le Alpi e i Pirenei. Non è un caso che alla mostra che si svolge al Moma di New York nell'estate del 1964, intitolata *Twentieth Century Engineering*, delle 25 grandi dighe esposte, 7 sono sulle montagne francesi, tra cui le bellissime dighe di Migouélou e di Roselend, progettate da Coyne, 4 in Italia, frutto del genio di Marcello e di Filippo Arredi, e 4 in Svizzera[5] (oltre a quelle concentrate in California o sparse in parti remote del mondo).

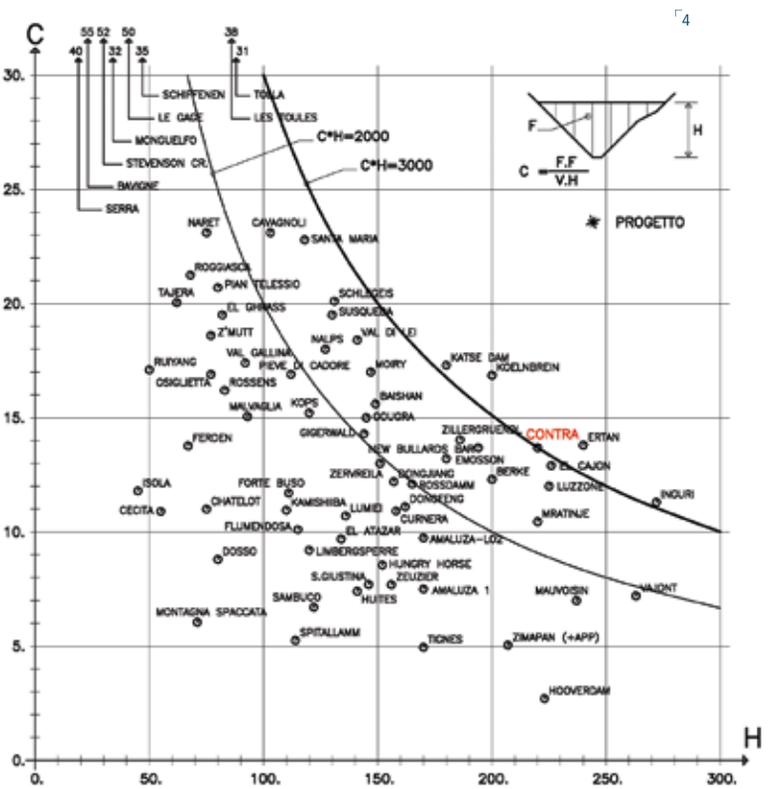
È in questa fase di grande sviluppo che si inserisce il lavoro dello Studio Gellera Lombardi, che si presenta con la diga di Contra in Val Verzasca, vicino a Locarno, progettata e costruita proprio tra il 1957 e il 1966.

La struttura, ad arco a doppia curvatura, è alta 220 metri e lunga al coronamento ben 380 metri mentre il volume di calcestruzzo impiegato è di appena 660 mila metri cubi: quindi una delle più ardite della Svizzera, se si misura l'indice di snellezza ($K=A^2/V=3000$ metri, con A=superficie di sviluppo della diga e V=volume di calcestruzzo, e il relativo coefficiente $C=K/H=13,6$), e se si valuta che il suo spessore varia da 25 metri alla base fino ad appena 7 metri in corona. Per avere un paragone, la diga del Vajont, fra le più ardite al mondo (con un indice di snellezza di circa 2000 metri e un coefficiente di 7,2), è alta circa 260 metri, sviluppa 190 metri di lunghezza al coronamento, e ha richiesto 360 mila metri cubi di calcestruzzo, visto che lo spessore alla base è di 22 metri e in sommità di 3,40 metri.

A parte il diverso destino, ci sono molte analogie tra la diga del Vajont e quella di Contra. Per esempio, per entrambe viene eseguito un modello sperimentale all'Ismes (Istituto Sperimentale Modelli e Strutture) di Bergamo. Le dighe, sfuggendo per la loro complessità geometrica e per la speciale natura dei vincoli, alla schematizzazione matematica e alla sottomissione al calcolo analitico, dispongono in quegli anni come unica via risolutiva della sperimentazione in scala. L'istituto italiano, fondato nel 1951 da Arturo Danusso, è proprio il tempio di quella modellizzazione fisica.

Il modello di Contra viene realizzato alla scala di 1:66,6. Alto circa 3,5 metri, è eseguito con il cosiddetto micro-beton, una miscela a base di cemento e pomice, che ripropone un comportamento fisico-meccanico assimilabile a quello del calcestruzzo reale, non armato, con cui la diga è realizzata.

Per la realizzazione, come di consueto, si seguono diversi passaggi: un modello preliminare in legno aiuta a definire le dimensioni; poi si confezionano casseri di controsagoma in gesso armato; quindi si mettono in opera i tiranti, per simulare gli effetti del peso proprio, e infine si costruisce il modello, riproducendo solo 12 giunti verticali (la metà dei reali), le gallerie interne di ispezione e i pozzi verticali.



4 Altezza e coefficiente di snellezza di alcune dighe ad arco ed arco-gravità. Fonte Archivio Lombardi SA

Durante le prove, il modello viene caricato con 102 martinetti idraulici agenti ciascuno su piastre di ripartizione in acciaio e calcestruzzo munite di suola di sughero, in modo da ottenere una fedele rappresentazione della spinta idrostatica. Un complesso sistema di strumenti di misura (comparatori ed estensimetri elettroacustici e meccanici) è montato per rilevare le deformazioni e gli spostamenti. L'esperimento è poi spinto oltre la fase elastica, ad oltranza, e la rottura avviene per un carico pari a 5,8 volte la pressione idrostatica normale.

La relazione sulle prove,[6] condotte dalla mitica coppia formata da Emanuele Fumagalli e Enzo Lauletta, è datata dicembre 1962 e firmata anche dal direttore dell'Istituto, Guido Oberti.

Per la diga di Contra, un altro modello in scala ridotta, questa volta idraulico, viene costruito nel Laboratorio Federale di Idraulica a Zurigo, allo scopo di determinare la forma più idonea degli sfioratori. Essendo, infatti, l'idrodinamica ancor più empirica e sperimentale della scienza delle costruzioni, la valutazione di traiettorie di deflusso, regimi laminari o turbolenti, sovra pressioni e cavitazioni è tutta affidata alla simulazione su modelli in scala. Ovviamente questo processo è indispensabile prima dell'avvento del calcolatore elettronico. Racconta Lombardi come la diga di Contra sia stata una delle prime al mondo a essere analizzata e ottimizzata facendo ricorso, ancorché con molte difficoltà e affrontando complicate procedure, proprio a due elaboratori elettronici: uno a Zurigo e un altro a Losanna, utilizzati a fasi alterne, date le specifiche limitazioni di ognuno di essi.

Dopo l'exploit di Contra, altre dighe rilevanti sono realizzate in Svizzera (come quella di Roggiasca), poi nella vicina Austria (quella di Kops) e poi in Turchia e in Messico, paesi colonizzati dai progettisti europei e nord-americani.

Di nuovo, in questo percorso verso l'estero, si riscontrano tante analogie con la situazione italiana e presumibilmente con quella degli altri paesi industrializzati.

L'attività prevalente degli ingegneri strutturali si sposta verso il Sud del mondo, a causa della recessione che colpisce le nazioni che avevano conosciuto il miracolo economico del dopoguerra, in una fase più o meno comune e parallela, e dei nuovi investimenti che invece coinvolgono i Paesi in via di sviluppo.

Spesso questa «emigrazione» progettuale stimola nuovi assetti imprenditoriali o di studio. Anche Lombardi e Gellera si dividono nel 1965, proprio nel momento di maggior sviluppo dello studio, che conta circa 120 dipendenti, per divergenze sugli investimenti, che Lombardi vorrebbe principalmente dedicati all'informatica. L'ingresso del calcolatore, che cambia non solo il modo di effettuare i calcoli ma spesso il modo di progettare, non è più differibile e contribuisce, almeno in Italia, a un processo di spersonalizzazione e perdita di identità delle opere.

L'attività del nuovo Studio Lombardi, a firma unica, cresce fino al 1971, complice anche la costruzione delle prime autostrade nazionali, tra cui la N2 del Canton Ticino; poi frena. Nel 1989 lo studio si trasforma in una società anonima, riducendo l'identificazione con il fondatore: destino comune anche a tutte le imprese e agli studi italiani (qui però per ragioni di rinnovata normativa fiscale).

Se all'estero il processo progettuale fa i conti con situazioni politicamente instabili e con burocrazie dai tempi biblici, in patria l'attività progettuale si concentra su nuove tipologie: Lombardi, per esempio, si sposta sui viadotti e sulle gallerie.

I viadotti progettati in questo nuovo periodo sono simili a quelli che in Italia abbiamo chiamato «alla Zorzi»:

5

6

7

5 Ponte di Préchacq sul Gave d'Oloron, 1950-1952
6 Ponte sulla Triouzoune, 1951-1953
7 Zona del paragneiss del lotto sud
8 Istituto Nazionale di Fisica Nucleare Gran Sasso Italia

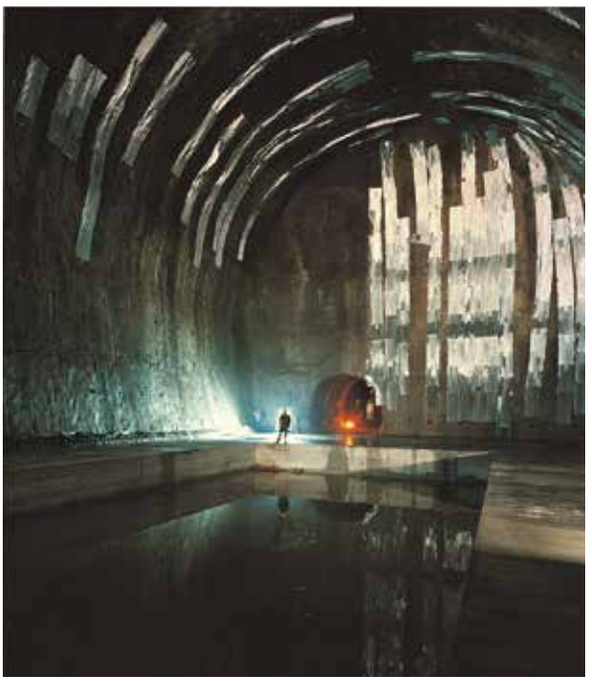
Fonte Archivio Lombardi SA

pile alte, impalcati sottili variamente vincolati, forme minimali costruite con soluzioni semi-industralizzate. Così, mentre all'inizio per Lombardi il modello per i ponti era quello di Maillart a tre cerniere, ad arco o cuspidato (come nel caso del ponte di Préchacq Navarrenx sul Gave d'Oloron nei Pirenei atlantici o il ponte di Pellachal sulla Triouzoune), tra il 1966 e il 1970 realizza i quattro viadotti principali per la nuova strada del valico del San Gottardo – in particolare il tornante di Fieud – seguendo la nuova

moda «a poco a poco» diffusa in Europa dalla Dywidag (anche lungo la N2).

Assai più complesso da mettere in luce è, infine, il contributo di Lombardi nella sperimentazione sulle gallerie, che rappresenta l'avventura di maggior successo del periodo successivo della carriera e quindi anche quello più anomalo da sottoporre a indagine storica. Anche in questo caso, la totale mancanza di studi storici comparati – che dovrebbero partire dalla galleria elicoidale ottocentesca di Jean Louis Protche per la ferrovia Porettana, passare per il traforo ferroviario del Frejus, quelli del S. Gottardo e del Sempione e la grande galleria dell'Appennino, per arrivare al traforo stradale del Monte Bianco incrociando tutte le gallerie metropolitane europee e nord americane – impedisce di comprendere appieno le innovazioni progettuali via via introdotte: nella galleria stradale del Gottardo (1963) così come nelle caverne per il Cern a Ginevra (1981) e per i laboratori di fisica sub-nucleare sotto il Gran Sasso (1985), tutte opere che si avvalgono dell'esperienza accumulata da Lombardi nelle precedenti realizzazioni dei cunicoli per gli impianti idroelettrici.

Risulta evidente dunque, in questo breve schizzo, l'urgenza di affrontare lo studio della storia dell'ingegneria strutturale. Oltre a consentirci di collocare meglio protagonisti e interpreti, ci aiuterà a riscoprire un patrimonio di opere dimenticate ma bellissime, che molto più di quanto ci si poteva aspettare sono testimonianza storica privilegiata del Novecento. L'ingegneria, almeno in Italia, ci ha raccontato, più ancora dell'architettura, le vicissitudini della singolare modernizzazione affrontata dal Paese, soprattutto attraverso il modo in cui sono state costruite le opere. Sebbene la vicenda italiana sia peculiare, per la sua commistione di umanesimo e positivismo, di ortodossia e identità,[7] la Svizzera, almeno a giudicare dalle prime indagini, sembra offrire caratteri di analogo interesse e l'auspicato lavoro rivelerà più di una sorpresa.



8

Der Einfluss Giovanni Lombardis auf den konstruktiven Ingenieurbau – Versuch einer Einordnung

Die Geschichte des konstruktiven Ingenieurbaus wartet noch darauf, geschrieben zu werden. Sie ist komplex; der Historiker, der sich ihrer annimmt, muss die Interdisziplinarität zugunsten der Transdisziplinarität aufgeben, die Grenzen zwischen den verschiedenen Fachgebieten überschreiten und sich autonom zwischen Wissenschafts-, Technik-, Konstruktions- und Architekturgeschichte bewegen. In Italien hat eine solche Untersuchung mit dem Forschungsprojekt SIXXI (Storia dell'ingegneria strutturale in Italia) bereits begonnen; und sie sollte unbedingt auf die anderen Industrieländer ausgeweitet werden. Um die spezifischen Eigenschaften des Ingenieurwesens in unterschiedlichen Ländern zu identifizieren, müssen zunächst die grossen gemeinsamen Entwicklungslinien des konstruktiven Ingenieurbaus dargelegt werden. Erst dann wird es möglich sein, den Beitrag Giovanni Lombardis in seiner ganzen Tiefe zu erfassen und seine Rolle bei der Entwicklung von konstruktiven Innovationen gebührend zu würdigen – insbesondere bei Staudämmen und Tunneln, zwei Gebiete, die noch viel weniger gründlich erforscht sind als etwa Brücken oder Überdachungen mit grossen Spannweiten. Im vorliegenden Beitrag wird der Versuch unternommen, den bekannten Schweizer Ingenieur in eine noch nicht geschriebene Geschichte einzuordnen. Die Erörterungen zu seinem Werk sollen neugierig machen und Wissenschaftler anregen, sich auf eine Forschung einzulassen, die – soweit sich das anhand weniger Indizien beurteilen lässt – genügend faszinierende und mysteriöse Themen enthält, um sich zu einer spannenden Erzählung zu verdichten.

Note

1. Per approfondimenti sulla ricerca SIXXI visita il sito www.sixxi.eu e confronta i volumi della collana *SIXXI. Storia dell'ingegneria strutturale in Italia,* a cura di T. Iori, S. Poretti, per i tipi di Gangemi: SIXXI 1 (2014), SIXXI 2 (2015), SIXXI3 (2015), SIXXI 4 (2017).
2. T. Iori, G. Savone, *La costruzione di un mito. La vera storia del ponte del Risorgimento,* in T. Iori, S. Poretti (a cura di), SIXXI 3. *Storia dell'ingegneria strutturale in Italia,* Gangemi, Roma 2015, pp. 34-61.
3. E. Alessandrelli, *Distorsioni sistematiche. I ponti «truccati» di Eugenio Miozzi,* in T. Iori, S. Poretti (a cura di), SIXXI 2. *Storia dell'ingegneria strutturale in Italia,* Gangemi, Roma 2015, pp. 68-81.
4. I. Giannetti, *Il tubo Innocenti, protagonista invisibile della Scuola italiana di Ingegneria,* Gangemi, Roma 2017.
5. Le dighe svizzere presenti nella mostra sono: la diga di Mauvoisin, sul fiume Dranse de Bagnes, del 1958, ad arco a doppia curvatura, la più alta del mondo al momento della costruzione (237 metri); la diga in terra di Goescheneralp sul fiume Reuss (1960); la diga della Grande Dixence, in Val des Dix, del 1962, a gravità ordinaria in calcestruzzo, che resta ancora tra le più alte al mondo per questa categoria (285 m); la diga di Valle di Lei, sul fiume Reno di Lei (1960), ad arco a profilo parabolico, progettata da Marcello. Cfr. il catalogo della mostra: A. Drexler (a cura di), *Twentieth Century Engineering,* The Museum of Modern Art, New York 1964.
6. La relazione è consultabile all'Archivio ISMES - Istituto sperimentale modelli e strutture c/o Fondazione Famiglia Legler a Bergamo. Grazie infinite a Roberta Capelli, l'archivista perfetta. Sull'Ismes confronta anche: C. Tarisciotti, *Calcolare con i modelli. Il laboratorio dell'Ismes,* in T. Iori, S. Poretti (a cura di), *La scuola italiana di ingegneria,* numero monografico di «Rassegna di Architettura e Urbanistica», 148, gennaio-aprile 2016, pp. 90-98.
7. Cfr. su questo S. Poretti, T. Iori, *L'ingegneria italiana tra positivismo e umanesimo,* in T. Iori, S. Poretti (a cura di), SIXXI 4. *Storia dell'ingegneria strutturale in Italia,* Gangemi, Roma 2017, pp. 9-25.

Una figura emblematica in un'epoca di grandi trasformazioni

Andrea Debernardi
Ingegnere civile, dottore di ricerca in pianificazione territoriale e ambientale

L'eccezionale vicenda umana e professionale di Giovanni Lombardi si è sviluppata in un lungo periodo storico durante il quale la figura dell'ingegnere progettista ha conosciuto mutazioni di grande rilievo. Portatore di un sapere tecnico (quasi) indiscusso, che ne faceva uno degli artefici della grande fase di sviluppo economico dei *Trente glorieuses*, l'ingegnere ha dovuto successivamente confrontarsi con i grandi temi della sostenibilità economica, sociale e ambientale, inserendosi in un quadro sempre più complesso di conoscenze tecniche specialistiche, ruoli e norme sociali, che hanno reso di giorno in giorno più arduo riconoscere il legame tra progettista, progetto e trasformazione effettiva del mondo reale. Il carattere emblematico delle realizzazioni di Lombardi, e forse più ancora il ruolo che egli ha saputo assumere come esperto autorevole e imprenditore pioniere in taluni campi disciplinari, possono allora diventare la base per una riflessione sul ruolo attuale dell'ingegnere progettista, sulle competenze che gli sono richieste, sul riconoscimento che gli spetta, e sulle responsabilità che è chiamato ad assumere.

Sarà peraltro una riflessione di carattere ancora incerto e frammentario, che procederà necessariamente per spunti isolati e argomentazioni ispirate da alcune delle realizzazioni più importanti di Lombardi. Sono infatti proprio queste realizzazioni a esprimere la visione del loro autore, tramandandola anche a chi non ha avuto la fortuna di conoscerlo di persona.[1]

Calcolo e intenzionalità di progetto

Spunto progettuale: i ponti di Préchacq e sulla Triouzoune

Opere di un progettista non ancora trentenne, i ponti realizzati in Francia – a Préchacq e sulla Triouzoune – testimoniano una sorprendente sicurezza compositiva, che trova le sue basi in una grande dimestichezza con le tecniche di calcolo, allora eminentemente manuali. Le soluzioni identificate, ben diverse tra loro, appaiono ancor oggi valide, in termini non solo di eleganza formale (la snellezza dell'opera), ma anche di processo realizzativo (centinatura e disarmo della struttura).

L'intima relazione fra dimensionamento numerico – fatto eminentemente analitico – e intuizione formale – più propriamente sintetica – è un elemento tipico dei progetti di grandi strutture di tutte le epoche; in Lombardi tuttavia stimolano l'interesse per le tecniche di calcolo automatico allora nascenti, ma destinate ad assumere un ruolo sempre più ampio nell'ambito dell'ingegneria civile.

Il sempre maggiore sviluppo delle tecniche di calcolo automatico offre al progettista strumenti nuovi e potenti, ponendo però problemi crescenti di rapporto tra l'intenzionalità insita in ogni progetto e il senso delle verifiche tecniche, di per se stesse prive di finalizzazione, necessarie per il dimensionamento delle strutture. Del resto, è proprio in quegli anni che, nel celebre romanzo di Max Frisch, l'ingegner Walter Faber cerca di spiegare così la distinzione tra i due livelli:

«... Io le citai Norbert Wiener, *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine,* M.I.T., 1948. Naturalmente non intendevo i robot come se li rappresentavano i settimanali a rotocalco, bensì la calcolatrice superveloce, detta anche cervello elettronico perché guidata da valvole elettroniche, una macchina che già oggi supera qualsiasi cervello umano. Due milioni di addizioni o sottrazioni al minuto! Con la stessa velocità sbriga un'operazione di calcolo infinitesimale, logaritmi in un tempo minore di quello che ci occorre per leggere il risultato, e un calcolo che finora avrebbe richiesto tutta la vita di un matematico viene risolto in alcune ore, e risolto più infallibilmente perché lei, la macchina, non può dimenticar niente, giacché include nei suoi quozienti di probabilità tutte le informazioni che le pervengono, più di quante un cervello umano possa immaginare. Ma soprattutto: la macchina non ha emozioni, non ha paure o speranze, che non fanno altro che disturbare, nessun desiderio riguardo al risultato, lavora secondo la logica pura delle probabilità, perciò affermo: il robot riconosce la realtà meglio dell'uomo, sa più di noi sul futuro, perché lo calcola, non fa speculazioni e non sogna *ma viene guidato dai propri risultati (feed back)* e non può sbagliarsi; un robot non ha bisogno di presentimenti».[2]

Se il «robot» conosce la realtà meglio dell'uomo, proprio in quanto privo di desideri riguardo al risultato, come utilizzarlo a supporto di un progetto che, in quanto prefigurazione di un futuro auspicabile, a quei desideri e a quel risultato è ine-

vitabilmente orientato? Una possibile risposta, evidente nell'opera di Lombardi, sta nella *capacità di porre il problema,* attribuendo alla sua corretta definizione un ruolo-guida nei confronti delle tecniche di calcolo che, infatti, vengono incessantemente sperimentate e innovate, mutando da progetto a progetto. Quasi a rispondere alla citazione precedente, molti anni dopo Lombardi scriverà:

«I mezzi di calcolo tuttora a disposizione sono estremamente potenti e ulteriori sviluppi sono prevedibili entro brevi termini. Possiamo perciò immaginarci che fra non molto tutti i problemi teorici importanti potranno essere risolti in modo soddisfacente.

Purtroppo, l'esame della pratica quotidiana conduce a conclusioni assai meno ottimistiche. Si costata che i problemi presentati dalle dighe sono raramente, o forse mai, dovuti ad errori di calcolo, ma bensì ad ipotesi erronee introdotte nell'analisi implicitamente o a volte accettate con estrema leggerezza.

Vi sono poi coloro che preferiscono calcolare piuttosto che ragionare e capire.

Norme, regolamenti e metodi codificati in numero eccessivo non favoriscono neppure lo sviluppo dello spirito critico in quanto rimandano ad altri la responsabilità della scelta di ipotesi e di procedure. L'utilizzo dei metodi di calcolo raffinati non può in nessun caso sostituire le conoscenze pratiche e teoriche di chi opera nel campo delle dighe (...).

Il rimedio a questa pericolosa evoluzione va forse ricercato nello sviluppo dello spirito critico dello studente prima e dell'ingegnere poi. In fondo l'intuizione dell'ingegnere basata sulla profonda e solida conoscenza delle leggi della fisica, della meccanica, della geologia e geotecnica ovvero sulle scienze naturali in genere dovrebbe permettergli d'intravedere la soluzione del problema già prima di passare al calcolo. Solo così potrà giudicare la validità dei risultati ottenuti».[3]

È in questo modo che la finalizzazione tipica del progetto si inserisce all'interno delle procedure analitiche, le interroga, quasi forzandole nella loro articolazione, in modo che il calcolo, di per sé indifferente al risultato, risponda alle aspettative del progettista (o anche, nel caso, che le deluda, ma su una base rigorosa che permetta di modificare ed elevare il livello della sfida tecnica insita nel progetto).

Si tratta, però, di un processo non neutrale, in quanto il progettista stesso, acquisendo familiarità con tecniche di calcolo via via più complesse, che definiscono campi di possibilità tecniche sempre meno intuitivi, non può infine che farsene parzialmente influenzare, assumendo così certi risultati, selezionati in base al loro interesse, come elemento di maggior conoscenza e, dunque, base di riflessione per future intuizioni formali. Ed è in questo modo che, contemporaneamente al conseguimento dei risultati «senza bisogno di presentimenti», il calcolo analitico svolge a sua volta, innegabilmente, un ruolo di orientamento della capacità del progettista di *intravedere le soluzioni del problema stesso* e, dunque, nell'identificare gli esiti anche formali dell'attività di progettazione.

Opera, contesto, (in)visibilità

Spunto progettuale: diga di Contra in Val Verzasca

La sperimentazione di tecniche di calcolo avanzate, già importante nel caso dei ponti francesi, svolge un ruolo-chiave anche nel primo importante progetto ticinese di Lombardi, ovvero la diga di Contra in Val Verzasca. L'esito finale, giustamente celebrato per i risultati ottenuti in termini strutturali, risulta però qui orientato, ancor più che nel caso precedente, da un terzo fattore-chiave, e cioè la profonda conoscenza del sito prescelto per la realizzazione dell'opera. È in effetti ampiamente riconosciuto che, in campo geotecnico, l'applicazione delle tecniche di calcolo debba essere attentamente soppesata in funzione non soltanto delle finalità progettuali, ma anche delle peculiari caratteristiche dei terreni interessati, continuamente variabili da luogo a luogo, in modo anche discontinuo, a seconda della storia geologica del sito. Ne deriva che porre correttamente il problema progettuale significa assumere una dettagliata e profonda conoscenza di un contesto che, nonostante le dimensioni imponenti dell'opera, ne costituisce la cornice ambientale comunque preponderante, non soltanto sul piano funzionale delle spinte e delle resistenze in gioco, ma anche su quello formale della collocazione dell'intervento all'interno dell'ambiente naturale.

1 Ponte sulla Triouzoune: centine montate e casseratura soletta inferiore pronta. Fonte Archivio Lombardi SA

D'altro canto, forse anche a causa dell'attenta conoscenza del sito, le scelte progettuali qui appaiono il più possibile aderenti alle condizioni locali del substrato. Ne deriva quasi un paradosso, che si ripeterà poi più volte nel corso dell'attività professionale di Lombardi: l'opera, imponente e tutto sommato molto vicina al Piano di Magadino e all'area urbana di Locarno, tutta stretta nella sua gola, non è quasi visibile dal mondo esterno. In certa misura, anzi, *non è stata pensata né realizzata per essere vista:* anche se evidentemente frutto di un processo non esclusivamente funzionale, la sua ideazione non è avvenuta in rapporto a una possibile fruizione formale da parte di un osservatore esterno. In questo modo, essa assume un valore quasi «anti-architettonico», comunque non monumentale, affidato non tanto alla proiezione sul mondo esterno di una astratta intenzionalità progettuale, quanto nella capacità di instaurare un dialogo articolato con il suo intorno, che ne viene infatti profondamente trasformato.

Singoli gesti, occasioni, genius loci

Spunto progettuale: nuova strada e galleria autostradale del San Gottardo

Nei viadotti realizzati per la nuova strada di valico del San Gottardo (1966-1970), Lombardi fornisce un'altra interpretazione del possibile dialogo fra infrastruttura e contesto territoriale. Dove non ha più modo di aderire al pendio divenuto troppo ripido per consentire il tracciamento di tornanti di raggio adeguato, la strada se ne distacca, con semplici viadotti, fra cui quello di Fieud, profondamente inflesso a coronare un tornante. Concretizzandosi in un gesto leggero, quasi minuto in rapporto alla grandiosità del contesto, la soluzione realizzata eccelle per la sua semplicità composta e commisurata al problema: lo scopo è «correggere» una situazione specifica, non certo quella di «imporre» al versante un intervento che ne neghi le peculiarità fisiche, e nemmeno i caratteri formali.

Vengono qui in mente la vecchia strada del Gottardo (Tremola), o anche quella dello Stelvio, il cui principale valore consiste forse non tanto nella «grandezza» dell'opera umana sovraimposta al contesto, quanto piuttosto nella sua capacità di aderire tenacemente al terreno, sfruttandone le caratteristiche per conseguire l'obiettivo ultimo di attraversamento del valico, e articolando in modo soltanto leggermente diverso la giacitura dei luoghi, in ultima analisi facendosi essa stessa versante montano.

È difficile dire quanta parte di questo esito sia dovuta a intenzioni effettive del progettista di allora, e quanto invece risulti dalla limitatezza dei mezzi di cui disponeva: ma a ben vedere tra i due fattori non esiste reale contrapposizione, in quanto ogni progetto, in ultima istanza, consiste proprio in una esplorazione dei limiti tecnici dell'azione umana, in rapporto a obiettivi funzionali preordinati, ma anche all'inevitabile condizione relazionale con l'intorno naturale e costruito, che ne costituisce insieme vincolo e condizione.

Né lo specifico *genius loci* espresso da Lombardi nella strada del Gottardo dovrebbe meravigliare, se si tiene conto che egli stesso era originario della Leventina. Si tratta di una circostanza invero comune per i progettisti dei grandi attraversamenti alpini, stradali e ferroviari, come Germano Sommeiller o Luigi Negrelli, anch'essi figli di quelle stesse «terre alte» che, con la loro opera, si sforzavano di attraversare. Ed è forse possibile arguire che alcune fra le maggiori intuizioni progettuali di Lombardi – come ad esempio la curvatura assunta per tracciare il successivo traforo autostradale (finalizzata nel contempo a migliorare il posizionamento dei condotti di areazione e a evitare le cattive condizioni geotecniche intercettate dal vicino tunnel ferroviario), siano state il risultato, più che della sua semplice competenza di progettista, di una minuta conoscenza dei luoghi interessati dall'intervento.

Ne deriva comunque, anche in questo caso, seppur indirettamente, un profondo rispetto per gli equilibri naturali soggiacenti all'azione umana, che realizza opere comunque «piccole» rispetto all'entità delle forze naturali sollecitate dalla loro realizzazione. Questo rispetto per il contesto tende oggi a configurarsi sempre più come aspetto basilare della professione dell'ingegnere civile.

2
3

2 Francesco Meschini, Passo del San Gottardo 1932, la vecchia strada della Tremola. Fonte Renzo Tonella, *La vecchia Tremola,* in patriziato.airolo.ch/il-san-gottardo/la-vecchia-tremola

3 Carlo Donegani, Passo dello Stelvio 1825, tornanti del versante altoatesino. Fonte meteoweb.eu

Autorevolezza (e solitudine) dell'esperto, ruolo sociale dell'imprenditore

Spunto progettuale: attività in Turchia, Algeria, Ecuador, Messico

In misura emblematica, Lombardi non è stato soltanto calcolatore e progettista, ma esperto autorevole, consultato ai massimi livelli a supporto di scelte pubbliche strategiche. In questa veste, è stato certamente in grado di orientare discussioni e decisioni, assumendosi – anche in giovane età – responsabilità molto rilevanti circa l'effettiva fattibilità tecnica di opere infrastrutturali complesse, come la diga di Contra, realizzata con altezza molto superiore a quanto inizialmente preventivato dalla Committenza.

Questo ruolo gli derivava innanzi tutto dalla sua profonda conoscenza delle dinamiche fisiche, meccaniche e naturali che fanno da necessaria cornice alla progettazione, di norma non attingibili al normale dibattito politico, e basate su una analisi meticolosa e il più possibile oggettiva delle singole situazioni. Ma in questo caso la responsabilità del tecnico è anche motivo di solitudine: ci si assume, infatti, l'onere di indicare una soluzione, sapendo che la realtà è il giudice più severo, e che non mancherà di confermare o smentire le ipotesi alla base del progetto. Nel contempo, l'esito rilevante in termini di decisioni di pubblico interesse conferisce notorietà e autorevolezza, con esiti in termini di prestigio personale, che possono però accompagnarsi anche a un incremento della pressione esercitata dalle aspettative sociali nei confronti dell'esperto stesso.

È un meccanismo che si ritrova anche nella costruzione (sociale) delle «archistar», ma che merita forse qualche ragionamento più approfondito circa il «giusto» livello di responsabilità attribuibile alle competenze personali, entro un contesto tecnico sempre più affollato dal punto di vista normativo e procedurale. Da un lato, infatti, il rispetto della norma costituisce una fondamentale garanzia, volta a ricondurre la gestione dei rischi tecnici entro una soglia socialmente accettabile (le norme tecniche europee sulla costruzione delle gallerie stradali e ferroviarie parlano di *ALARP = As Low as Reasonably Praticable)*. Dall'altro, la costruzione stessa di norme adeguate alla complessità dei tempi richiede un orientamento «esplorativo», che può essere governato soltanto da tecnici o istituzioni altamente competenti e autorevoli sul piano disciplinare.

Nel caso di Lombardi, poi, il piano dell'autorevolezza tecnica si sovrappone, sin quasi a fondersi, con quello dell'attività imprenditoriale. Grande conoscitore della materia e antesignano del calcolo numerico, egli è stato in grado di riunire entrambi gli aspetti in un'esperienza di successo, che – non a caso, in un'epoca di grandi società di ingegneria in qualche misura «anonime» o impersonali – continua a portare il suo nome. Nel conferire alla sua società metodi, logiche progettuali e intuizioni, egli sembra essere stato in grado di trasferire a una struttura organizzativa più ampia una capacità di connotazione «autoriale» spesso oggi smarrita nella complessità dei processi e nella separazione dei tecnicismi che cooperano nella progettazione delle grandi opere. Non è raro (almeno in Italia) che delle grandi realizzazioni infrastrutturali si finisca per perdere il senso unitario,

non riuscendo più a ricondurre la configurazione assunta dall'opera a una precisa intenzionalità, espressa da uno o più progettisti, e talora persino a un rapporto adeguatamente commisurato fra obiettivo iniziale e strategia realizzativa. La figura di Lombardi testimonia che un approccio almeno in parte diverso è possibile, e che il mantenimento di una responsabilità sugli esiti finali del progetto è un risultato attingibile, pur di poter contare su una struttura professionale coesa e motivata.

Sarebbe interessante, in questo senso, provare a capire in che modo sia possibile facilitare la disseminazione di esperienze così legate a singole personalità, innalzando la qualità media della progettazione, e con essa il livello di responsabilità e di riconoscimento sociale delle società di ingegneria. La risposta, presumibilmente, non potrà prescindere da un alto livello di dedizione, né dalla consapevolezza dell'importanza della formazione dei collaboratori, secondo un'etica del lavoro che, sola, può garantire di guardare con ottimismo alle sfide del futuro.

L'ottimismo del progetto tra ambizione e sostenibilità

Spunto progettuale: tunnel di base del San Gottardo

In un famoso saggio di qualche anno fa, l'economista tedesco Werner Rothengatter e i suoi colleghi pianificatori Bent Flyvbjerg e Nils Bruzelius descrivevano il rapporto tra grandi opere (*Megaprojects*) e rischi economici come una «anatomia dell'ambizione». Effettivamente, numerosi studi hanno confermato la sistematica tendenza, da parte dei progettisti di infrastrutture di trasporto (specie ferroviarie), a sovrastimarne l'utilità e a sottostimarne i costi, discostandosi così, talora in misura netta, dalle premesse iniziali di fattibilità delle stesse.[4] Ne è derivato un dibattito internazionale, anche acceso, relativo alle modalità di valutazione economica delle «grandi opere» e alle loro conseguenze in termini di allocazione dei corrispondenti rischi finanziari, di natura sia pubblica che privata.

Tuttavia, a ben vedere, è in qualche misura inevitabile che ogni progetto porti con sé una certa dose di ottimismo, connaturata all'idea stessa di una condizione futura migliore dell'attuale; ed è anche evidente che, senza una qualche dose di ambizione, nessun progettista si assumerebbe la responsabilità di ideare nuove tecniche, metodi, opere, facendosi carico dei corrispondenti rischi. Ma fino a che punto la spinta dell'ambizione può essere giustificata quando questa fa conto su risorse pubbliche, di cui il progettista, e l'insieme delle tecnostrutture entro le quali si trova ad operare, debbono rispondere nell'ambito di precisi mandati istituzionali? Senza voler negare il ruolo attribuibile all'autorevolezza del tecnico e alla sua capacità di controllo del processo di ideazione dell'opera, è oggi sempre più necessario che questo processo si collochi efficacemente entro procedure di valutazione (economica, ambientale, sociale...), condotte *on the safe side* allo scopo di rendere più trasparenti le scelte di progetto.

Riprendendo una frase dello stesso Lombardi: «L'ingegnere deve saper immaginare anche soluzioni che escano dallo schema tradizionale, ma poi saperle analizzare e valutare pacatamente senza lasciarsi trascinare dagli eccessivi entusiasmi sollevati, se caso, dall'originalità della sua proposta».

Evidentemente, tutto ciò rende sempre più complessa l'attività del progettista, allontanandolo da ogni possibile profilo «pionieristico», e depauperandone forse, almeno in parte, i caratteri di innovazione e originalità. Ma è possibile anche che, se ben intesa, la crescente articolazione dei rapporti tra progettisti e valutatori di progetti ponga ai progetti stessi nuove sfide culturali, finalizzate a inquadrare meglio i rapporti tra responsabilità progettuale e committenza pubblica, all'interno di contesti politici complessi e a volte contraddittori, ma pur sempre ispirati (almeno si spera) a principi di diritto e democrazia.

D'altro canto, il rispetto per le dinamiche ambientali è sempre stato un tema caro a Lombardi, che in alcuni casi ha saputo anche farsi precursore di criteri, quali l'efficienza energetica, oggi considerati «quasi» normali, anche se non sempre ben conosciuti nelle loro implicazioni sostanziali. E si tratta di criteri sempre più rilevanti nel caso della progettazione delle grandi infrastrutture di trasporto, un tempo considerate semplicemente come «motori dello sviluppo economico», ma oggi spesso contestate come potenziali elementi disgregatori della qualità ambientale e degli equilibri ecosistemici ad essa collegati.

Compare così, di nuovo, il tema dei limiti, della misura. Ed è probabilmente emblematico che esso emerga proprio dall'opera di un grande progettista di opere enormi e invisibili, la cui pregnanza sta forse, più che nel proiettare una astratta intenzionalità progettuale, soprattutto nell'instaurare un dialogo con il loro intorno: il progettista parla – dicendo qualcosa – soltanto dopo aver ascoltato; né pretende infine di trovarsi al centro dell'attenzione. Si tratta (forse) di un insegnamento fondamentale, in un'epoca chiaramente contraddistinta, anche all'interno delle professioni tecniche, da un eccesso di narcisismo; senza però che l'*understatement* si traduca in una sterile attitudine mimetica, facendo perdere di vista le responsabilità connesse all'aver progettato, ovvero all'aver «detto qualcosa» in quella situazione, in quelle condizioni, collaborando, per quanto possibile e opportuno, alla trasformazione del mondo.

Eine emblematische Persönlichkeit in einer Epoche der grossen Veränderungen

In seiner langen Karriere als Planer erlebte Lombardi grosse Veränderungen des Ingenieurberufs. Das Umfeld, in dem der Ingenieur agiert, wandelte sich grundlegend: Zum einen wurde es von immer neuen Normen und Regulierungen geprägt, zum anderen reagierte es zunehmend sensibel auf Themen der ökologischen, sozialen und ökonomischen Nachhaltigkeit. Ausgehend von Lombardis Werken bietet der Artikel einige Überlegungen über seine Rolle als berühmter Planer, erfolgreicher Unternehmer und autoritätsvoller Fachmann und Berater. Aus den verschiedenen möglichen Lesarten seiner Persönlichkeit sticht die Fähigkeit hervor, zwar rigoros funktional zu arbeiten, sich aber gleichzeitig auch mit dem konkreten Ort intensiv auseinanderzusetzen und eine Formensprache zu entwickeln, die in einen fruchtbaren Dialog mit dem Kontext tritt.

Note

1. Desidero ringraziare l'ing. Francesco Amberg e l'ing. Andrea Pedrazzini per gli utili riscontri e suggerimenti, tanto più preziosi in quanto derivanti anche da una diretta conoscenza del protagonista del mio scritto.
2. Max Frisch, *Homo Faber,* ed. orig. 1957, trad. it. Feltrinelli, Milano 1997, pp. 64-65.
3. G. Lombardi, *La modellazione nel campo delle dighe in calcestruzzo,* Accademia Nazionale dei Lincei, Roma 2004.
4. Anche se questo non sembra essere il caso della Nuova Trasversale Ferroviaria Svizzera, che si è caratterizzata per un incremento di costo tutto sommato ridotto rispetto al preventivo iniziale, e per evoluzione dei traffici nel complesso in linea con le previsioni.

Il contributo di Giovanni Lombardi alla comprensione della statica delle opere in sotterraneo

Giovanni Barla
Già professore ordinario di Meccanica delle Rocce al Politecnico di Torino
Editore di «Rock Mechanics and Rock Engineering»

Siamo nel 1972, l'11 settembre, quando si tiene a Lucerna il Simposio Internazionale sulle Opere in Sotterraneo. L'ingegner Giovanni Lombardi espone una prolusione sul tema *Alcune considerazioni sulla pressione della roccia sui rivestimenti delle Opere in Sotterraneo*. Per me, allora novello docente del corso di Meccanica delle rocce al Politecnico di Torino, è stata un'esperienza di particolare significato e toccante, anche perché era, tra l'altro, la prima volta che incontravo personalmente Giovanni Lombardi.

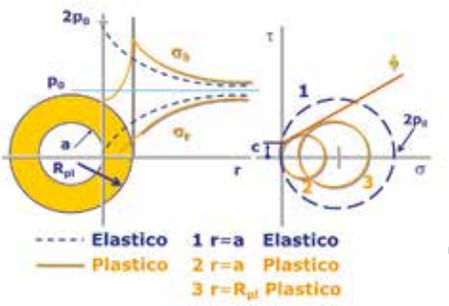
Il problema

Il problema della statica delle opere in sotterraneo è stato sviluppato da Lombardi, nella sua prolusione, delineando lo stato delle conoscenze e il proprio punto di vista in modo sintetico e chiaro (il testo scritto occupa sei pagine, che vale leggere ancora oggi). L'attenzione è stata posta, tra l'altro, sugli aspetti da considerare per il calcolo del rivestimento, che veniva definito come «un oggetto estraneo, introdotto nell'ammasso roccioso al fine di evitare che la galleria appena aperta non si richiuda».

È di sicuro interesse riportare che, dopo una breve sintesi sulla consuetudine dell'epoca, nell'affrontare la problematica, suddivisa in tre fasi (1 – Applicazione di un sistema di carichi sul rivestimento valutato in base a semplici considerazioni di equilibrio, 2 – Uso della teoria dell'elasticità, 3 – Ricorso alla teoria dell'elasticità-plasticità), Giovanni Lombardi evidenzia che la corretta soluzione del problema sta nella rappresentazione numerica delle attività di scavo e costruzione e nella successiva analisi dell'evoluzione nel tempo dello stato deformativo e tensionale nell'ammasso roccioso intorno al cavo e nel rivestimento.

Fatta questa premessa, vale soffermarsi sul punto di vista di Giovanni Lombardi sulla statica delle gallerie, anche attraverso la lettura di alcune delle sue successive memorie (si veda al riguardo la bibliografia riportata alla fine di questo scritto) e porre in luce la chiarezza di pensiero e soprattutto soffermarsi sugli aspetti innovativi scelti.

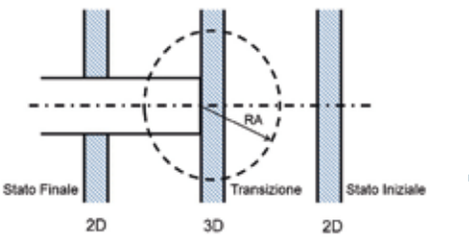
Per inquadrare in modo attento il problema, si ricorda brevemente che per un certo tempo i metodi di calcolo comportavano l'esame di una sezione trasversale alla galleria, in condizioni piane di deformazione, con l'ammasso roccioso fortemente idealizzato, continuo, omogeneo e isotropo, a comportamento lineare elastico (Elastico nella figura) o al più elastico-plastico (Plastico nella figura), come illustrato in forma schematica in figura 1.



1

La visione tridimensionale

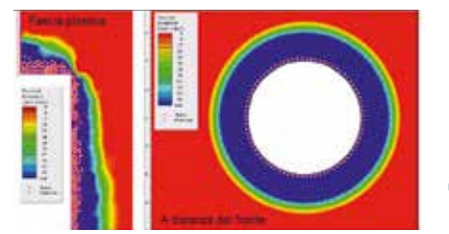
Ecco allora che Giovanni Lombardi chiarisce subito che il problema statico della galleria è «un problema tridimensionale di tensioni e deformazioni» come illustrato nella figura 2 ripresa da una delle sue pubblicazioni. Assumendo per semplicità che lo stato delle sollecitazioni naturali in sito sia tale che una delle direzioni principali coincida con l'asse della galleria, si vede che al fronte lo stato tensionale non può essere considerato piano e deve essere visto come tridimensionale.



2

Viene evidenziato che, pur ammettendo che davanti e dietro al fronte, a una certa distanza, si possa ipotizzare uno stato piano di tensioni, il passaggio da una sezione all'altra «non può aver luogo se non per il tramite di uno stato tridimensionale di sollecitazioni e spostamenti». Ecco che viene definito un raggio di azione statico RA del fronte di scavo. Ne consegue che «ogni metodo di analisi che presupponga deformazioni e sollecitazioni piane può rappresentare solo uno degli elementi necessari per lo studio del problema, non certo la soluzione completa dello stesso».

Non vi è dubbio che questa affermazione assume particolare rilievo dal punto di vista applicativo, ove il riferimento sia al problema della stabilità del cavo e del


3

fronte durante l'avanzamento dello scavo, nonché alla distanza di posa in opera dei cosiddetti interventi di sostegno e di rivestimento finale.

Questo, a mio avviso, ha portato a dare, in particolare con lo sviluppo e l'uso nella pratica progettuale dei metodi di analisi numerica, di cui diremo più avanti, la massima importanza allo studio della risposta deformativa della galleria durante l'avanzamento del fronte di scavo nella forma del cosiddetto profilo di spostamento longitudinale (LDP, *Longitudinal Displacement Profile*) e dello sviluppo della corrispondente zona plastica (figura 3).

D'altra parte, è importante sottolineare ulteriormente questa intuizione di Giovanni Lombardi di portare l'attenzione sulle condizioni di equilibrio nella zona del fronte. Come si legge nei suoi scritti, è necessario estendere idealmente il cilindro formato dalla galleria all'interno del massiccio non ancora scavato ed esaminare l'andamento delle forze di contenimento che agiscono sull'esterno dello stesso.

A partire dallo stato di tensione naturale davanti al fronte, si ha infatti una diminuzione dell'azione di contenimento radiale, in ragione dell'estrusione della roccia che si produce verso la cavità. Questo modo di visualizzare le condizioni di stabilità, davanti al fronte, al fronte e nella zona retrostante, trova, tra il 1995 e il 2000, una conferma nello sviluppo del metodo di scavo a piena sezione con rinforzo del fronte (figura 4), anche in formazioni rocciose complesse, come proposto in Italia.

4

1 Il problema della galleria «circolare» in condizioni piane di deformazione e con due diversi modelli di comportamento «Elastico» e «Plastico». La galleria non è sostenuta e lo stato tensionale in sito è isotropo (tensione verticale = tensione orizzontale = p_0). Fonte Giovanni Barla
2 I tre stati di equilibrio, iniziale, finale e di transizione. Fonte Giovanni Barla
3 Visualizzazione della fascia plastica in condizioni di simmetria assiale: davanti e dietro al fronte. Analisi in condizioni di simmetria assiale riferite alla figura 2. Fonte Giovanni Barla
4 Esempio di una grande galleria con il metodo a «piena sezione» con rinforzo/stabilizzazione del fronte e del nucleo davanti al fronte Foto courtesy Pietro Lunardi

Il metodo delle linee caratteristiche o convergenza-confinamento

Nella progettazione delle opere in sotterraneo Giovanni Lombardi fa costante uso del «metodo delle linee caratteristiche», come viene da lui chiamato il «metodo convergenza-confinamento», a ricordare che in fondo si calcola la «linea caratteristica del cavo o del sostegno». Si tratta di uno strumento che «fornisce una visione chiara ed intuitiva dei fenomeni che avvengono durante la costruzione della galleria».

Il metodo, illustrato in forma schematica in figura 5, consiste nel simulare lo scavo nell'ipotesi di simmetria assiale e di stato piano di deformazione. In breve, lo scavo è rappresentato come una graduale riduzione della pressione applicata alle pareti della galleria (p_i), volta a simulare il progressivo de-confinamento dell'ammasso roccioso all'avvicinarsi del fronte di scavo alla sezione di calcolo e al successivo avanzamento del fronte stesso, cui corrisponde uno spostamento radiale (u_r) crescente in funzione delle caratteristiche dell'ammasso roccioso.

Se la galleria è scavata in assenza di «sostegno», il valore finale della pressione di confinamento è pari a 0; in caso contrario è presente una pressione maggiore di 0 che rappresenta la pressione di equilibrio del cavo ottenuta dall'intersezione della «linea caratteristica della galleria» e della «linea caratteristica del sostegno».

La linea caratteristica della galleria dipende dal modello di comportamento dell'ammasso roccioso, in genere ipotizzato elastico-plastico di tipo duttile, fragile o con rammollimento. La linea caratteristica del sostegno dipende dall'intervento posto in opera, supposto elastico, elastico-plastico, o cedevole. Si ricava la pressione che agisce sulle strutture di sostegno e lo spostamento radiale della galleria nella situazione finale di equilibrio, a distanza dal fronte di scavo.

Il fattore tempo

L'uso del metodo convergenza-confinamento fatto da Giovanni Lombardi porta a un altro aspetto più volte sottolineato nelle diverse sue pubblicazioni, cioè l'influenza del fattore «tempo», «ossia del fatto che durante la costruzione della galleria o nel corso della sua vita utile avvengono dei fenomeni di tipo reologico», dipendenti dal tempo.

Il problema viene posto e descritto in modo semplice, grazie all'esperienza e all'osservazione diretta in sotterraneo nella fase di costruzione, dove lo scavo avviene in condizioni difficili, vuoi per il comportamento meccanico dell'ammasso roccioso, vuoi per l'effetto di alte coperture, vuoi per altri fattori quali ad esempio il rigonfiamento, in presenza di minerali espansivi, di acqua in quantità sufficiente, ecc.

Come visualizzato in figura 6, ripresa da una pubblicazione di Lombardi e riportata nell'usuale diagramma sollecitazione-spostamento radiale, in ogni istante si ha una linea caratteristica della galleria a partire da quella al tempo zero, che vale al momento dello scavo, sino a quella finale di lungo termine, al tempo infinito.

Questo aspetto, qui visualizzato in modo schematico e parziale, consente di porre in luce un'altra problematica molto importante, evidenziata in molti lavori, ove si tenga conto che il cavo interagisce con la struttura di sostegno/rivestimento posto in opera, per cui potrà diventare utile/necessario studiare/progettare una struttura che si adatti, in modo cedevole e controllato, al comportamento nel tempo dell'ammasso roccioso che circonda la galleria. È questo ad esempio il caso dello scavo in formazioni spingenti e in particolare in presenza di alte coperture.

È importante sottolineare che il comportamento dell'ammasso roccioso dipendente dal tempo assume oggi particolare rilevanza durante lo scavo delle gallerie di base, in condizioni difficili, in particolare in presenza di alte coperture. Si può affermare, ad esempio, in questi casi, che la scelta del metodo di scavo da adottare (in modo tradizionale o con macchina – TBM, *Tunnel Boring Machine*), dipende proprio dalla capacità di anticipare in sede progettuale la risposta del cavo nel tempo e quindi l'interazione della roccia stessa con la TBM.

L'analisi numerica

L'ingegner Giovanni Lombardi ha conseguito il suo dottorato in Scienze Tecniche presso il Politecnico Federale di Zurigo con la tesi *Le dighe ad arco sottili*. È quindi chiara, come si vede anche nei suoi stessi scritti, l'importanza attribuita al calcolo e quindi necessariamente allo sviluppo dei

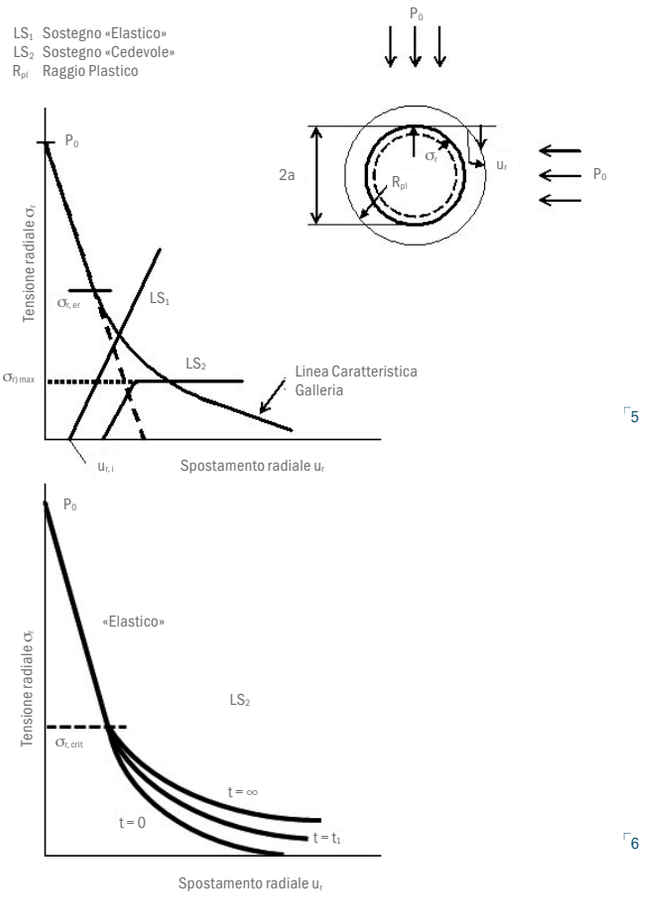
metodi di calcolo numerico nello studio e nella progettazione di dighe, con particolare riguardo all'interazione di queste con l'ammasso roccioso di fondazione.

Si deve però osservare che gli studi connessi all'analisi della statica delle opere in sotterraneo, ricordati prima (ad esempio l'equilibrio elastico-plastico del cavo, l'interazione dell'ammasso roccioso con le strutture di sostegno/rivestimento, anche tenendo conto del fattore tempo) sono state possibili proprio grazie alla capacità di comprendere l'importanza dell'informatica nel campo dell'ingegneria civile.

È quindi certamente appropriato sottolineare, con riferimento anche all'attività della società di ingegneria da lui fondata e diretta per lungo tempo, l'impulso e lo stimolo dati allo sviluppo di metodi di calcolo avanzati, alla simulazione dei sistemi di costruzione concepiti sul campo, all'applicazione della meccanica e dell'ingegneria delle rocce, in particolare con lo studio del comportamento degli ammassi rocciosi, nella progettazione, tra l'altro, delle opere in sotterraneo.

Occorre sottolineare le riflessioni dell'ingegner Lombardi sull'esigenza di far sì che i metodi di calcolo impiegati e quindi le analisi numeriche che ne conseguono siano sempre associati alla comprensione della realtà fisica, all'esigenza di validazione e verifica dei risultati ottenuti. Da questo punto di vista, proprio con riferimento alle opere in sotterraneo, ecco che si comprende l'importanza attribuita all'osservazione e al monitoraggio delle opere, durante la costruzione e nel lungo termine, in ottica di applicazione del metodo osservazionale.

Non è fuori luogo in questa sede sottolineare, al di là del tema della statica delle opere in sotterraneo, altre tematiche affrontate, in una visione di progettista che ha saputo valersi degli avanzati strumenti di calcolo e simulazione oggi a disposizione dell'ingegnere. È questo il caso dell'attenzione riservata ad altri aspetti collaterali quali la manutenzione controllata, la valutazione dei rischi, la simulazione di incidenti durante l'esercizio, nonché l'elaborazione di idonee misure di sicurezza.



5 Metodo delle linee caratteristiche o convergenza-confinamento: sono illustrate la curva caratteristica della galleria e del sostegno. Fonte Giovanni Barla

6 Linee caratteristiche della galleria al variare del tempo. Fonte Giovanni Barla

7 La galleria stradale del San Gottardo, vista della galleria durante lo scavo nella zona del Mezosoico, portale nord. Fonte K. Kovari, R. Fechtig, *Historische Alpendurchstiche in der Schweiz*, Zurigo 1996

Un breve richiamo alle opere

L'attività di Giovanni Lombardi è strettamente connessa alle opere di ingegneria cui è legato il suo nome e necessariamente quello della società di ingegneria, che ha saputo far crescere nel tempo, formando quindi molte persone che oggi «guardano il futuro». Questo scritto deve quindi fare almeno un cenno ad alcuni lavori che riguardano il progetto, la costruzione e il completamento di opere in sotterraneo.

Giovanni Lombardi è stato «l'uomo delle gallerie e delle opere in sotterraneo», come progettista e direttore dei lavori. Devono essere ricordati il progetto e la direzione dei lavori della galleria stradale del San Gottardo che, iniziata il 5 maggio del 1970, è stata aperta al traffico il 5 settembre 1980. Ma vale anche menzionare, ad esempio, lo studio e la costruzione delle gallerie di bypass delle città di Neuchâtel, Locarno, Lussemburgo e Hergiswil.

Inoltre, devono essere ricordati i lavori delle grandi caverne come quella del CERN a Ginevra, il Laboratorio di fisica sub-nucleare sotto il Gran Sasso, nonché varie centrali idroelettriche. Lombardi ha inoltre contribuito ad altre opere in sotterraneo. Alcune di queste sono state completate, come la galleria sotto la Manica e, più recentemente, la galleria ferroviaria AlpTransit del San Gottardo, altre sono state affrontate in fase di studio e di indagine, quali ad esempio la galleria sotto lo Stretto di Gibilterra e nello Stretto di Messina.

È di sicuro interesse fare almeno un cenno alla galleria autostradale del San Gottardo, cui il suo nome è strettamente legato. Al fine di mettere in luce una peculiarità del lavoro dal punto di vista progettuale, che va oltre le problematiche più specifiche qui affrontate, è interessante ricordare prima di tutto la scelta, definita «assai semplice, se non addirittura banale» di non seguire un tracciato rettilineo, come consuetudine fino allora per i grandi trafori nelle Alpi.

La galleria stradale progettata da Lombardi a doppia canna, però costruita con un'unica canna di circolazione con adiacente un cunicolo di sicurezza, parte infatti parallela a quella ferroviaria (costruita tra il 1872 e il 1881) e si addentra all'interno della montagna. Seguendo «più o meno l'intaglio vallivo, ossia scostandosi di quasi 2 km dalla retta», la scelta fatta consentiva di ubicare i pozzi di ventilazione, che avevano così minore altezza, in posizioni più favorevoli e accessibili, con notevoli economie sul costo dell'opera.

Con riferimento alle problematiche di scavo e costruzione, è interessante soffermarsi brevemente sullo scavo a sezione parzializzata dall'imbocco Nord, durante l'attraversamento della zona detta del Mesozoico, in scisti argillosi, sotto una copertura di 300 m circa. Come indicato nella figura 7 e semplificando significativamente, il metodo di avanzamento è stato a sezione parzializzata, con apertura di due cunicoli al piede, scavo della sezione di calotta della galleria principale, seguita dal ribasso con scavo dello strozzo e dall'apertura dell'intera sezione della galleria.

Il sostegno del cavo è avvenuto mediante centine metalliche e blindaggio con lamiere. Il rivestimento finale, in calcestruzzo, è completo di arco rovescio. Lo scavo della galleria in questo tratto è stato eseguito con un avanzamento medio di circa 1.45 m/giorno. Durante i lavori è stato possibile seguire il comportamento della galleria mediante nume-

7

rose misure e prove, con la determinazione delle convergenze nelle diverse fasi di apertura del cavo e dei carichi al piede delle centine mediante martinetti piatti. Ne è derivata una verifica di quanto anticipato in sede progettuale mediante il metodo delle caratteristiche, che ha considerato le diverse fasi di costruzione.

Conclusione

Dopo quanto tratteggiato nelle pagine precedenti, dedicate all'ingegner Giovanni Lombardi, come progettista e studioso di opere in sotterraneo, vale ricordare in conclusione alcune sue riflessioni sui «principi d'azione», che dovrebbero guidare l'ingegnere nel corso della sua attività.

La prima raccomandazione riguarda la necessità di orientare la propria azione ricorrendo sempre a «una genuina solida cultura scientifica» abbinando «teoria e pratica, cercando di trarre profitto da difficoltà e problemi che singole opere possono presentare, per dare un impulso, forse anche minimo, allo sviluppo della scienza dell'ingegnere».

Il secondo punto di riflessione riguarda la capacità di «immaginare ed innovare», «riflettere e verificare», «non temere, ma accettare nuove sfide», con spirito critico. Un particolare aspetto, però, occorre infine sottolineare in queste riflessioni, che sono di sicuro rilievo nell'attività dell'ingegnere oggi, nella società che ci circonda, cioè la correttezza dell'operare, seguendo principi etici e rigorosi.

Der Beitrag Giovanni Lombardis zur Statik des Untertagbaus

Der Untertagbau beschäftigte den Ingenieur Giovanni Lombardi sein ganzes Berufsleben – sowohl als achtsamer und rigoroser Planer der komplexen Projektierungs- und Realisierungsphasen bedeutender Bauwerke als auch als Autor technischer und wissenschaftlicher Publikationen. Der vorliegende Beitrag geht der Begabung des Ingenieurs auf den Grund, frühzeitig eine allumfassende Analyse des Gebäudeverhaltens zu erstellen und dabei eine realistische Sicht auf Probleme zu behalten und sie mit den realen Gegebenheiten abzugleichen. Einige Themen, die er auch in wissenschaftlichen Publikationen auf den Grund ging, sind charakteristisch für sein langes Lebenswerk: die Notwendigkeit einer dreidimensionalen Vision der Statik, der kontinuierliche Einsatz der «Methode der Kennlinien zur Stabilitätsanalyse», die ein wertvolles Instrument für eine klare und intuitive Problemidentifizierung darstellt, sowie die Bedeutung des Faktors Zeit. Ein weiteres zentrales Thema sind die fortgeschrittenen Methoden der numerischen Berechnung bei der Quantifizierung und Dimensionierung, die während der Bauphase stets verifiziert wurden. Schliesslich werden einige der Untertagebauten vorgestellt, bei denen Lombardi zugleich als Planer, Bauleiter und Wissenschaftler agierte, zum Beispiel die unterirdischen CERN-Anlagen in Genf und das Nationale Laboratorium für Kernphysik unter dem Gran Sasso. Bei vielen wichtigen Projekten brachte er seine Erfahrung ein, etwa bei der Realisierung des Tunnels unter dem Ärmelkanal, dem AlpTransit-Tunnel durch den Gotthard oder den Studien zur Untertunnelung der Strassen von Gibraltar und Messina. Ein besonderes Augenmerk liegt auf dem Gotthard-Strassentunnel, der am 5. Mai 1970 begonnen und am 5. September 1980 eröffnet wurde.

Bibliografia

- W. Amberg, G. Lombardi, *Une méthode de calcul élasto-plastique de l'état de tension et de déformation autour d'une cavité souterraine,* in *Proceedings of the Third Congress of the International Society for Rock Mechanics*, Denver 1974, vol. II, part B, pp. 1055-1060.
- P. Dufault, G. Lombardi, T.R. Schneider, *Les trois grands, Saint Gothard, Lötschberg et Maurienne-Ambin*, «Géochronique», 92, dicembre 2004, pp. 23-34.
- K. Kovari, R. Fechtig, *Percements historiques de tunnels alpins en Suisse. St-Gothard, Simplon, Lötschberg*, Société pour l'art de l'ingenieur civil, Zürich 2000.
- L. Leonardi, G. Lombardi, P. Lunardi, F. Marini, *Progetto e studi di fattibilità per la realizzazione del laboratorio di fisica sub-nucleare in caverna sotto il Gran Sasso,* «Gallerie e grandi opere sotterranee», 1985, 22, pp. 11-23.
- G. Lombardi, *Some considerations on the subject of rock pressure on linings,* in H. Grob, K. Kovari (a cura di), *International Symposium on Underground Openings,* 11-14 settembre 1972, Schweizerische Gesellschaft für Boden- und Felsmechanik, Zürich 1972.
- G. Lombardi, *Qualche aspetto particolare della statica delle cavità sotterranee,* «Rivista Italiana di Geotecnica», 1975, 4, pp. 187- 206.
- G. Lombardi, *Galleria stradale del Gottardo: problemi di pressione delle rocce durante la costruzione,* «Gallerie e grandi opere aotterranee», 1977, 2, pp. 7-17.
- G. Lombardi, *Particularites des grandes cavernes, in Congresso Internazionale su Grandi Opere Sotterranee.* 8-11 Giugno 1986. Rapporto Generale. Sezione E, pp. 293-305.
- G. Lombardi, *Galleria di base del San Gottardo. Lavori di sondaggio zona della Priora,* conferenza stampa del 7 febbbraio 1995 a Faido/Polmengo (https://www.lombardi.ch/it-it/pubblicazioni/opere-sotterranee).
- G. Lombardi, *Galeries industrielles et countournements routiers a Lugano et Locarno,* «Tunnels et Ouvrages Souterrains», 1977, 144, pp. 353-360.
- G. Lombardi, *Idee e progetti. Passato, Presente e Futuro. 20° Anniversario di apertura della Galleria Stradale del San Gottardo,* Airolo, 4 settembre 2000 (https://www.lombardi.ch/it-it/pubblicazioni/opere-sotterranee).
- G. Lombardi, *Geotechnical risks for project financing of tunnels in nonurban areas, in International Tunnel Association Meeting,* 12 giugno 2001 (https://www.lombardi.ch/it-it/pubblicazioni/opere-sotterranee).
- G. Lombardi, *Geologische risiken und mussnahmen im tunnelbau, in Geologie und Geotechnik der Basistunnels am Gotthard und am Lötschberg,* Zurich, 26-28 settembre 2005, pp. 15-25.
- G. Lombardi, *Evoluzione della costruzione di opere sotterranee, dottorato in Ingegneria strutturale, Sismica e Geotecnica,* Politecnico di Milano. Colloquia Doctoralia, 12 luglio 2007 (https://www.lombardi.ch/it-it/pubblicazioni/opere-sotterranee).
- G. Lombardi, *Gibraltar Tunnel. Design update. Geomechanical challenges, in 58 Geomechanik Kolloquium,* Salzburg, 8-9 ottobre 2009 (https://www.lombardi.ch/it-it/pubblicazioni/opere-sotterranee).
- *Mit Energie für die Zukun. Con energia per il futuro,* Lombardi Engineering Ltd., Minusio 2015 (https://www.lombardi.ch/it-it/pubblicazioni/diversi).

Una diga in 24 giorni
Intervista all'ingegner Andrea Mondada

L'ingegner Andrea Mondada, classe 1934, ha lavorato per tutta la sua carriera al fianco di Giovanni Lombardi, occupandosi di quasi tutte le dighe da lui ideate e di tanti altri aspetti della costruzione di grandi opere. Gabriele Neri ha incontrato Mondada alla fine dello scorso febbraio a Minusio, nella sede del Gruppo Lombardi, per farci raccontare qualche episodio di questa lunga storia. Tra i tanti, abbiamo scelto di parlare di tre argomenti centrali: la progettazione di impianti idroelettrici, l'evoluzione degli strumenti di calcolo, la dimensione internazionale della professione. Sono tre temi differenti ma indissolubilmente intrecciati: i progressi dell'informatica hanno infatti seguito e aiutato gli sviluppi dei metodi di calcolo, cambiando i ruoli professionali, le tempistiche, il modus operandi. Tali cambiamenti sono stati poi accentuati dall'internazionalizzazione del mercato del lavoro e dal confronto con contesti diversi. Dall'incontro con Andrea Mondada sono quindi emersi dettagli tecnici del mestiere e aneddoti della vita quotidiana di un ingegnere, ricordi d'altri tempi e riflessioni su una professione che – come molte altre – è cambiata radicalmente nell'ultimo mezzo secolo.

Gabriele Neri: come è iniziata la sua carriera a fianco di Giovanni Lombardi?

Andrea Mondada: Avevo conosciuto l'ingegner Lombardi sulla diga del Sambuco quando io facevo la pratica. Lui veniva a visitare i cantieri due-tre volte all'anno insieme all'ingegner Arnold Kaech. Quando ho terminato gli studi, nel 1956, l'ufficio di Lombardi (allora associato con Gellera) era aperto da solo un anno a Locarno. Si aprivano i primi cantieri dell'impianto di Blenio, e quindi c'erano dei posti di lavoro disponibili. Mi presentai da Lombardi e dopo pochi minuti mi dissero: «Domani mattina cominci a lavorare». Neanche il tempo d fare le vacanze! Però ero felice di entrare in un simile gruppo, perché era un gruppo piccolo e stimolante. Ho cominciato subito a lavorare all'appalto della Diga della Val Darbola, una diga a peso.

Che strumenti di calcolo si usavano allora?

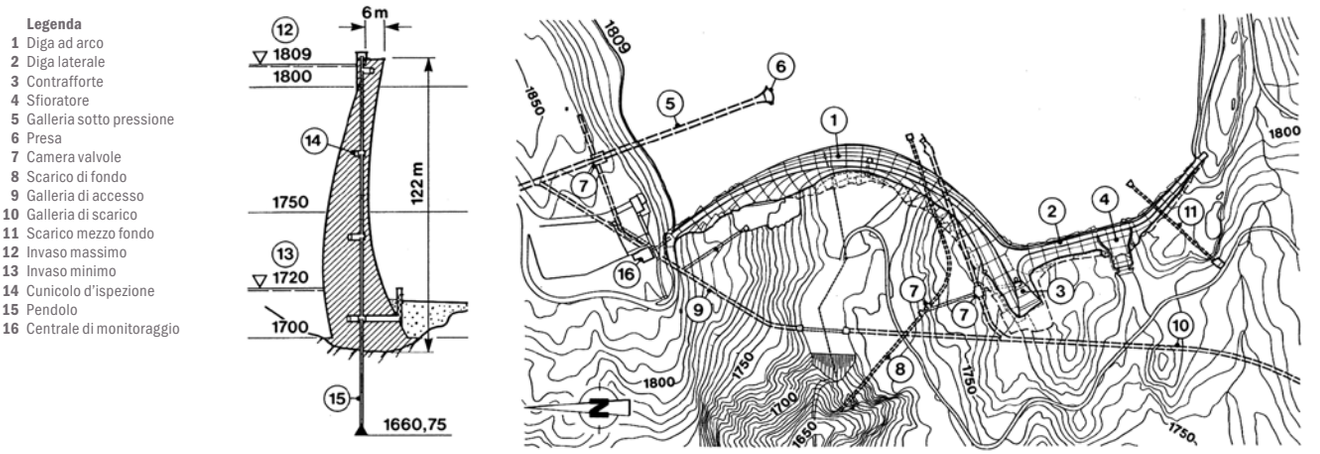
Mi ricordo che in quel periodo avevo svolto il calcolo statico di una diga con un calcolatore meccanico Monroe. Eravamo in due persone: ci impiegammo più di due mesi. Lo facevamo in due perché tutto il calcolo procede in avanti, ma la verifica della correttezza del processo si ha solo alla fine, quando si fa il confronto tra le deformazioni in ogni nodo. Dalla geometria si passa al calcolo con carichi unitari, si crea la matrice, si va al sistema, si arriva alla ripartizione dei carichi totali e si ha infine il risultato. Tutto questo l'avevo fatto con la Monroe... Fu l'unica volta!

Quali sono stati gli altri grandi progetti di quel periodo?

Alla fine degli anni Cinquanta è arrivata quasi per caso la Diga di Kops, in Austria. Avevamo avuto una soffiata da un ingegnere che era lì a fare i sondaggi: il progetto in corso era troppo costoso, perché prevedeva una diga a peso alta 120 metri e lunga, alla corona, 600 metri. Allora abbiamo presentato la nostra idea, che proponeva di sfruttare un dosso per creare un appoggio artificiale e inserire una diga ad arco di lunghezza ridotta a 400 m. In pratica si riduceva il volume in maniera notevole, facendo due strutture collegate. Un arco di 600 metri, invece, non era pensabile. L'idea è piaciuta e ci hanno dato l'incarico. Già nel 1962 iniziavano i lavori di costruzione.

Eravate molto giovani.

Se ci si pensa oggi è incredibile. Era l'ufficio di un trentenne senza grandi esperienze sulle dighe alle spalle, salvo aver lavorato con Kaech... Più andava avanti il progetto e più erano entusiasti. Avevano cominciato a incatenarsi diverse dighe: la diga di Contra (Verzasca), poi quella della Val Darbola, la Roggiasca, Kops... avevamo diverse dighe in contemporanea. E allora abbiamo dovuto fare il punto della situazione, per capire come gestire così tanti progetti insieme. I calcoli erano lenti e impegnativi. Ci siamo detti: Perché non andiamo a vedere cosa fanno questi computer? Siamo andati alla Remington che aveva un UNIVAC, uno dei primi computer americani messi in commercio. Con quello abbiamo fatto i primi calcoli di Kops.



Cercavate un nuovo strumento per semplificare la gestione del progetto.

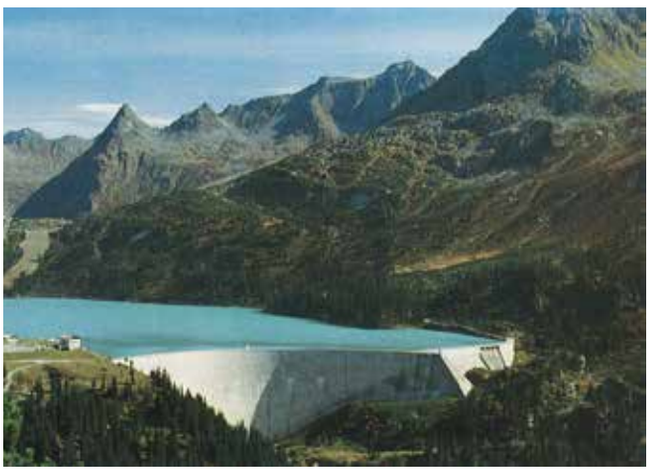
Era tutto ancora un po' vago. Si parlava di computer ma non si capiva come avrebbero potuto essere utili. Con l'UNIVAC abbiamo avuto qualche risultato, ma eravamo delusi: ci era comunque costato troppo. Non eravamo soddisfatti e non capivamo veramente le sue potenzialità, il funzionamento. I computer allora erano gestiti da matematici, e il dialogo tra ingegneri e matematici era difficile. Forse non abbiamo trovato la persona giusta.

Non avete mollato.

No: ci siamo rivolti alla IBM che intanto aveva introdotto il primo calcolatore scientifico, un IBM 1620 (annunciato nel 1959 e rimasto in commercio fino al 1970, NdR), che stava a Zurigo. Aveva un compilatore Fortran (acronimo di FORmula TRANslation, NdR), che aveva un linguaggio molto vicino alla formulazione dei problemi ingegneristici. Alla IBM abbiamo incontrato gente che ha capito subito i nostri problemi e che ha sviluppato per noi tre moduli specifici sulla base degli schemi tabellari che già usavamo in Ufficio (per «modulo» si intende un codice riutilizzabile, ovvero una funzionalità aggiuntiva che arricchisce il linguaggio di programmazione, NdR). Il problema dell'IBM 1620 era che non aveva hard disk. Secondo problema: non c'era stampante, ma solo una piccola macchina da scrivere che segnalava commenti o errori di compilazione, tuttavia senza una vera e propria tastiera. Si poteva interagire solo parzialmente con delle levette (switch). I risultati erano perforati su schede (al massimo 80 caratteri per riga), e poi un tabulatore ci stampava i risultati, che all'inizio erano quasi illeggibile! Non c'era, ad esempio, la separazione tra valore intero e decimali, quindi dovevamo tracciare delle righe rosse sui fogli per capire dove stava il decimale... e così via.

Come funzionava la procedura di calcolo?

Avevamo tre moduli: uno per il calcolo dei valori statici, ricavati dai parametri geometrici. Il secondo modulo trasformava i carichi unitari ripartiti in carichi nodali, perché noi dovevano lavorare sui nodi. Il terzo modulo calcolava la deformazione e le sollecitazioni. Il sistema era pratico e razionale; i semiarchi venivano elaborati come mensole libere e in seguito si sovrapponeva ai risultati l'influsso delle iperstatiche necessarie a creare la congiunzione in chiave. Occorreva gestire il passaggio dei dati da un modulo all'altro per arrivare infine al sistema: era un lavoro micidiale, perché dovevamo sfogliare tutti i tabulati prodotti e cercare i coefficienti, trascriverli in una tabella che con i compensi radiali e tangenziali arrivava facilmente a ottanta equazioni, e così via. Era impegnativo... lo rifacevamo due o tre volte per essere sicuri. E tutto doveva essere perforato per essere



1
2

messo nella macchina, il che comportava un'ulteriore possibilità di errore. Prezioso è stato l'aiuto del Politecnico di Zurigo, dove era già stato sviluppato un modulo per risolvere tali matrici. Facevamo tutto per posta: mandavamo i dati a Zurigo e ci arrivavano indietro i risultati. Era un processo lungo, ma almeno ci scaricava di tutti i calcoli ripetitivi del calcolo tabellare. Se ci si pensa, per la diga di Contra abbiamo eseguito cinque calcoli statici. Dopo ogni calcolo, sulla base dei risultati, si modellava la forma della diga localmente per meglio ripartire gli sforzi.

Quale fu il passaggio successivo?

Dopo il progetto della Diga della Roggiasca siamo passati ad avere il computer in casa, intorno al 1966. L'1130 (introdotto da IBM nel 1965 NdR) era il primo calcolatore scientifico IBM con hard disk e disco amovibile. La memoria era molto più potente, c'era una console, una stampante, un lettore di schede e un plotter. Si passava a un'altra generazione di computer. Soprattutto era il disco ad essere molto importante: era un sistema monoutente, ognuno aveva il suo disco, con i suoi programmi specifici in base al lavoro che doveva svolgere. Non potevamo lavorare con moduli troppo grossi, dato che ogni variabile occupava spazio, e quindi bisognava ridurre al minimo ogni definizione, ogni cosa. Si speculava sul nome della variabile! Per «Momento X» bisognava scrivere «Mx», ed era già tanto! Il vantaggio era che si potevano concatenare i moduli e memorizzare i parametri di passaggio. Questo era un passo in avanti enorme.

Eravate molto aggiornati.

Lombardi guardava lontano: avevamo infatti il primo plotter in Svizzera, che allora costava 20'000 franchi, formato A4 lungo, con un passo molto grezzo, ma che ci faceva restituire tutti i grafici delle sollecitazioni e delle deformazio-

ni. In quel momento, praticamente, io ho cambiato attività, diventando un informatico: ho cominciato a scrivere programmi, perché sul mercato non ce n'erano. C'era qualche programma che arrivava dall'America, ma le normative e le unità di misure erano diverse. Si sfruttavano, certo, ma bisognava poi adeguare tutto. È stato un lungo periodo di programmazione. Il programma per le dighe fu ristrutturato e i tre moduli furono integrati con altri moduli, così da arrivare al sistema e quindi ai risultati finali con un solo passaggio. Furono sviluppati altri programmi nel campo delle dighe in terra, dell'idraulica. Un grosso pacchetto riguardava le autostrade, dallo studio del tracciato al picchettaggio in cantiere del corpo stradale e dei manufatti. Interessante fu anche il programma per il calcolo delle linee ad alta tensione, che studiava il dimensionamento dei conduttori sottoposti a tensioni dovute al peso proprio, al vento, alla neve, alle variazioni di temperatura ecc. A ogni programma si accompagnava un modulo per la restituzione dei risultati su plotter.

Qual è stato il calcolatore successivo?

Dopo l'IBM 1130 siamo passati al VAX 11/780 (commercializzato dal 1977 NdR), intorno al 1979. Era prima di tutto multi-utente: sparivano le schede e compariva lo schermo in bianco e nero. C'era un hard disk enorme per quei tempi: era già un computer 32 bit con memoria virtuale che aumentava potenza e velocità di calcolo. I programmi si facevano con moduli più grossi, passando dalle schede al terminale. Questo è stato un altro importante passo. Così si guadagnava nella ricerca, cominciando a poter fare calcoli sulle rocce fessurate, arrivando al famoso Modello FES («Fissured, Elastic, Saturated Rock Mass Model» NdR), un modello di calcolo del comportamento dei massicci rocciosi.

E poi, dopo qualche anno, è arrivato il CAD. Che cosa ha significato per voi?

L'avvento del CAD ha rivoluzionato non solo il modo di disegnare, ma anche la progettazione in maniera più generale. Le faccio un piccolo ma significativo esempio: un tempo, prima di andare da un disegnatore bisognava avere le idee chiare, bisognava già avere tutto in testa. Dopo, con il CAD, si è cominciato invece a schizzare con la matita rossa sui disegni. E infine, è stato l'ingegnere in prima persona a lavorare sul CAD. Verso la fine della mia attività è arrivato infine il PC, che all'inizio sembrava un giocattolo, poi è diventato potente e ha preso il posto dei terminali. Ancora una volta ha rivoluzionato il sistema e ci ha obbligati a nuove fasi di programmazione. Oggi sofisticati programmi dedicati agli elementi finiti permettono calcoli dinamici di effetti sismici, e sono reperibili sul mercato. È però importante capire bene come funzionano, come calcolano, quali parametri sono richiesti per l'elaborazione. Bisogna, alla fine, procedere sempre a una valutazione critica dei risultati, prima di passare all'esecuzione.

Torniamo alle dighe. Come mai verso la fine degli anni Sessanta c'è stata una significativa riduzione degli incarichi?

Il panorama era saturo. Forse si è costruito anche troppo. Se pensiamo che erano i tempi della Grande Dixence (1953-1961), al tempo la diga più alta d'Europa... Il costo dell'energia di quell'impianto era però altissimo: se ricordo bene era di 40 centesimi al kW, quando alla Verzasca era 2 centesimi!

Ci fu anche un contraccolpo dovuto ai disastri dell'epoca, come quello del Vajont o della diga di Malpasset?

Sì, c'era anche un aspetto psicologico. Le tragedie della diga di Malpasset in Francia (1959) e del Vajont in Italia (1963) provocarono una psicosi sicurezza. Anche alla diga della Verzasca qualche motivo di preoccupazione c'era stata. Mi ricordo che quando abbiamo fatto il primo invaso avevamo dormito poco, non tanto perché non si aveva fiducia nei calcoli, ma perché si presentarono dei fenomeni anormali. La diga era finita, mancava solo la sistemazione di due sfioratori. Avevamo convenuto con il Servizio Dighe un programma di invaso, progressivo e lento, con un controllo delle deformazioni. Andava tutto bene. Un venerdì però cominciò a piovere... Facciamo andare gli scarichi di fondo, facciamo andare le turbine e... continua a piovere! Il lago va su tutta la notte e sabato mattina a Berna non c'era nessuno con cui parlare. A un certo momento la diga ha sfiorato! Noi andavamo ogni ora a misurare il comportamento della diga. Un pendolo, improvvisamente, comincia a dare risultati strani, segnando una pericolosa deformazione. Siamo accorsi subito e... il supporto del pendolo era mal posizionato e subito fu corretto, quindi in realtà era tutto a posto. Ci era venuto un colpo!

Quella notte fu il vero collaudo.

Per fortuna la mattina dopo spuntò il sole ci tranquillizzammo. Arrivò molta gente a vedere il primo sfioro: fu un momento spettacolare. Eravamo contenti. Ma poi i giornali cominciarono a scrivere che a Vogorno, un paese vicino, di notte suonavano le campane, che la terra vibrava, che la gente non poteva dormire... I giornalisti locali sono specializzati in questo genere di cose, a metterla giù pesante. Allora il nostro geologo, il professor Dal Vesco, andò a dormire in una stalla con un sismografo che aveva fatto arrivare immediatamente da Zurigo. Ed effettivamente c'erano dei fenomeni, delle vibrazioni (le campane non le abbiamo mai sentite in realtà... anche se il prete era preoccupato!). Poi il fenomeno si calmò, e Dal Vesco scrisse un bell'articolo nel quale giustificava il fenomeno. Mettendo l'acqua fredda, sulle sponde l'effetto della temperatura si era fatto sentire, prolungando le fessure esistenti oltre il limite iniziale. Ma poi tutto si è stabilizzato... Erano i tempi del Malpasset, quindi l'allerta era alta, anche psicologicamente.

Erano tempi completamente diversi da oggi per la gestione delle grandi opere.

Lombardi diceva che quello fu per lui l'ultimo «cantiere della semplicità»: c'era un solo committente, un solo geologo, un solo esperto di Berna per il controllo, un solo progettista che faceva anche la direzione lavori, due piccoli consorzi per la costruzione. Niente di più. Ora è tutto diverso. Allora era più semplice costruire. Non c'era la burocrazia invadente che è arrivata in questi ultimi anni.

La diga della Verzasca era a pochi chilometri dall'ufficio. Più avanti avete cominciato a progettare impianti in località lontanissime. Come vi siete adeguati a un simile salto si scala?

3

Andare all'estero voleva dire prima di tutto ascoltare, poi guardare cosa facevano sul posto. E mai proporre soluzioni che potessero irritare. La prima cosa è la diplomazia, il tatto. Tanti errori infatti sono stati compiuti quando c'è stato il tentativo di imporre tecnologie moderne di cui loro non avevano bisogno. In Algeria, ad esempio, avevamo avuto brutte esperienze. Era difficile lavorare. Invece andò meglio in Messico, con la diga ad arco di Zimapán (1990-1994), una diga alta 200 metri in un canyon.

Come siete arrivati a lavorare in Messico?

Lombardi era spesso chiamato in Messico come consulente. Un giorno gli dicono: «C'è un problema. La Banca Mondiale ci ha tagliato i fondi perché non ha riconosciuto valido il progetto della diga». Allora ricevo una telefonata. Lombardi mi fa: «Abbiamo un problema. Dobbiamo progettare una diga». Rispondo: «Che bella notizia, una diga in Messico!». E lui: «Il problema è che va finita per fine anno». Era il 30 novembre, il giorno di sant'Andrea. Gli dissi: «Come facciamo a dire di no? Lavoreremo giorno e notte». E così fu: il 24 dicembre il progetto partì per la Banca Mondiale.

Avete progettato una diga in soli 24 giorni.

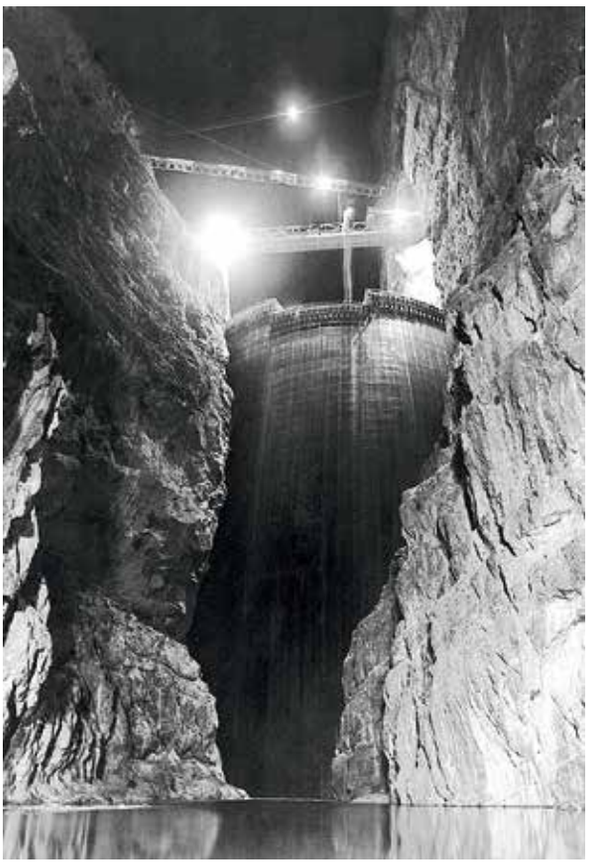
Dopo ho dormito per tre giorni consecutivi. E poi ci hanno dato il mandato per sviluppare il progetto esecutivo. Andò tutto bene, ma c'erano comunque problemi di comunicazione. Quando videro lo scarico di fondo da noi proposto dissero: «Non lo vogliamo: costa troppo!». In effetti era una struttura costosa e una meccanica complessa, e loro non ne vedevano la necessità. Noi facevamo notare che le dighe subiscono un processo di invecchiamento, occorre pensare alla sicurezza e loro allora rispondevano: «Quindi non siete sicuri dei vostri calcoli?!», oppure «Dobbiamo spendere tanti soldi per una cosa che si usa ogni 50 anni?!». Ci voleva la pazienza di Giobbe, forse anche di più... Per convincerli abbiamo trovato l'argomento giusto: i sedimenti dell'acqua del fiume avrebbero riempito l'invaso. Così siamo riusciti a mettere lo scarico di fondo nella diga. Poi ci hanno chiesto di fare anche un balcone sul canyon per il discorso inaugurale del presidente...

Come si modificava il progetto in base al contesto in cui andavate ad operare?

Noi abbiamo sempre applicato lo «stile svizzero», cioè curare i dettagli costruttivi, avere una diga ben costruita, con tecnologie giuste e facili da gestire. In Messico avevamo il vantaggio che le imprese erano tutte italiane, lavoravano bene.

Quali saranno secondo lei le sfide dell'ingegneria nei prossimi anni?

Oggi la sfida dell'ingegnere sono i trasporti. Sempre di più si va verso il sotterraneo, sia per il traffico pesante sia per il trasporto pubblico. Non si può più andare in superficie, quindi ogni mezzo di trasporto sarà interrato. In molte città è già così: con diversi livelli di metropolitane, ad esempio. Sarà una sfida non solo per gli ingegneri ma anche per gli impresari, che dovranno inventare nuovi metodi di scavo e di sostegno. Con questi grandi progetti si attraversano infatti zone molto complicate con intersezione con altre strutture e sempre più in basso. Queste sono le sfide dell'ingegnere di domani.



4

1 Diga di Kops, sezione principale e planimetria. Fonte Austrian National Committee on Large Dams, Vienna 1991
2 Diga di Kops, 1969. Fonte Archivio Lombardi SA
3 Elaboratore elettronico degli anni Sessanta. Fonte Archivio Lombardi SA
4 Diga Zimapan, vista da monte in fase di finitura, 1994. Fonte Archivio Lombardi SA

Ein Staudamm in 24 Stunden

Der 1934 geborene Ingenieur Andrea Mondada hat sein ganzes Berufsleben Seite an Seite mit Giovanni Lombardi gearbeitet und in seinem Büro an Staudämmen und anderen grossen Ingenieursbauten mitgewirkt. Wir haben Mondada vergangenen Februar in Minusio getroffen, im Hauptsitz der Gruppe Lombardi, und haben uns einige Momente aus dieser langen Zusammenarbeit erzählen lassen. Wir haben entschlossen, drei zu vertiefen: die Planung von Wasserkraftwerken, die Entwicklung von Berechnungsmethoden und die internationale Dimension des Berufs – drei sehr unterschiedliche, aber miteinander verknüpfte Aspekte. Die Fortschritte der Informatik förderten neue Berechnungsmethoden und veränderten die Zuständigkeiten, die Termine sowie die Planungs- und Baubläufe. Die Globalisierung des Arbeitsmarkts und die Konfrontation mit anderen Kontexten beschleunigten diese Veränderungen. Das Treffen mit Andrea Mondada hat Details zur Technik, Anekdoten aus dem Alltag eines Ingenieurs und Erinnerungen an vergangene Zeiten an den Tag gebracht, die in Überlegungen zu einem Berufsbild münden, das sich – wie viele andere auch – in den letzten 50 Jahren grundlegend gewandelt hat.

Giovanni Lombardi, Augusto Jäggli. Centrale idroelettrica della Biaschina, 1967. Foto Marcelo Villada Ortiz

Dighe e impianti

La progettazione di dighe e impianti accompagna l'attività di Lombardi dagli albori fino al presente. Non è un caso che, dopo aver conseguito il diploma e il dottorato in scienze tecniche presso il Politecnico federale di Zurigo nel 1955 con una tesi intitolata *Dighe ad arco sottili,* egli inizi la propria attività indipendente proprio con incarichi di progettazione di impianti idroelettrici. Dopo la diga di Darbola, il primo importante incarico che segnerà in modo indelebile la storia del suo studio è stato quello per la progettazione della diga di Contra in Val Verzasca (1957-1966).

A segnare l'internazionalità dell'attività, ma anche e soprattutto l'interesse e la proficua ricerca e attuazione di soluzioni costruttive originali, presentiamo la diga ad arco di Zimapán in Messico (1990-1993), opera impressionante anche da punto di vista della relazione fa il manufatto e il contesto orografico.

La terza scelta è caduta sulla ricostruzione della diga di Sera in Vallese (2009-2010) per l'attualità dell'approccio progettuale su un manufatto che termina, e lo sarà per tantissimi altri nei prossimi decenni, il suo ciclo di vita. GB, AP

Committenza: Verzasca SA, Lugano **Fiume:** Verzasca **Ubicazione:** Ticino (Svizzera) **Date:** costruzione/riparazione 1961-1965, messa in opera: 1965 **Gestore:** Verzasca SA, Lugano **Volume utile:** 94'100'000 mc **Tipologia:** Diga ad arco a doppia curvatura **Quota coronamento:** 473.45 m slm **Altezza massima:** 220 m **Quota invaso massimo normale:** 470 m slm **Lunghezza del coronamento:** 380 m **Volume di calcestruzzo:** 670'000 mc **Capacità sfioratore:** 1600 mc/s **Produzione energetica annua:** 234 GWh **Potenza:** 105 MW **Uso principale:** idroelettrico/ 3 turbine Francis **Impresario costruttore diga:** Farsura, Milano (oggi Salini-Impregilo); CSC **Centrale:** Hatt-Haller **Impianti elettromeccanici centrale:** Brown Boveri **Impianti idraulici:** Vevey (turbine) **Strumentazione diga:** Huggenberger AG

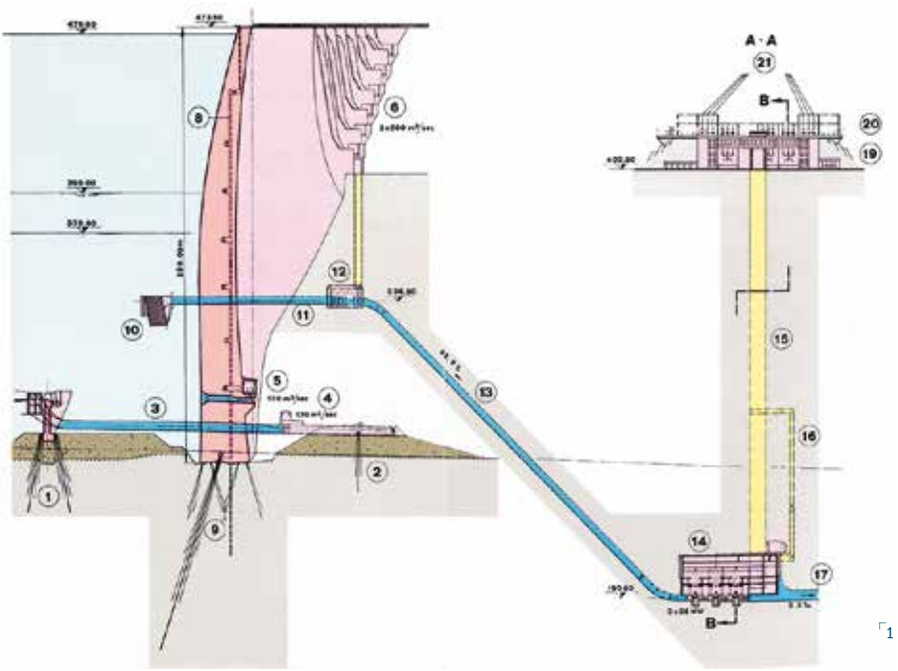
Diga di Contra

Il progresso della tecnica e il costante aumento del consumo di elettricità nel periodo successivo alla seconda guerra mondiale rendevano progressivamente insufficiente il vecchio impianto idroelettrico di Tenero, messo in servizio nel 1911. Nel 1955, la città di Lugano, concessionaria dell'impianto tramite la sua Officina Elettrica, affidava quindi al neocostituito ufficio di ingegneria Lombardi-Gellera di Locarno uno studio finalizzato a valutare se un più completo e razionale sfruttamento dei deflussi disponibili in Val Verzasca non fosse possibile ed economicamente favorevole. Lo studio dimostrò i vantaggi ottenibili nella realizzazione di un importante bacino fino a quota 470 m slm, ossia poco sotto la quota di captazione del vecchio impianto.

Dopo soli 10 anni dall'avvio degli studi preliminari, il nuovo impianto entra in servizio nel 1965. Rispetto alla situazione preesistente, la produzione di energia aumenta di 4 volte e la potenza addirittura di 12 volte. L'importante accumulo d'acqua permette così di coprire i fabbisogni di punta e di regolare in modo ottimale i deflussi assai variabili del torrente Verzasca. Lo schema è abbastanza semplice e costituito dalla diga ad arco di 220 m d'altezza, il pozzo inclinato, la centrale in caverna e la galleria di scarico di 1.9 km di lunghezza che restituisce l'acqua direttamente nel lago Maggiore. La centrale sotterranea dispone di tre turbine Francis da 35 MW cadauna, con una capacità di scarico totale di 50 mc/s e una potenza media generata annualmente di 234 GWh. La diga, del tipo ad arco a doppia curvatura, era all'epoca una delle più alte e snelle al mondo con un volume di calcestruzzo di soli 0.6 mio di mc circa. Le dighe di Mauvoisin e Luzzone, d'altezza paragonabile, avevano volumi di calcestruzzo da 2 a 4 volte superiori.

Il primo riempimento avvenne nel mese di settembre del 1965 in modo rapido e incontrollato a causa di importanti precipitazioni sollevando non poche preoccupazioni sia nei tecnici coinvolti che nella popolazione sottostante. Dopo gli incidenti occorsi alle dighe di Malpasset (Francia, 1959), Vajont (Italia, 1963) e Mattmark (Svizzera, 30 agosto 1965) la percezione della pericolosità di questo tipo di opere aveva raggiunto livelli molto alti.

Al momento della messa in servizio dell'impianto, Giovanni Lombardi aveva raggiunto l'età di 39 anni.

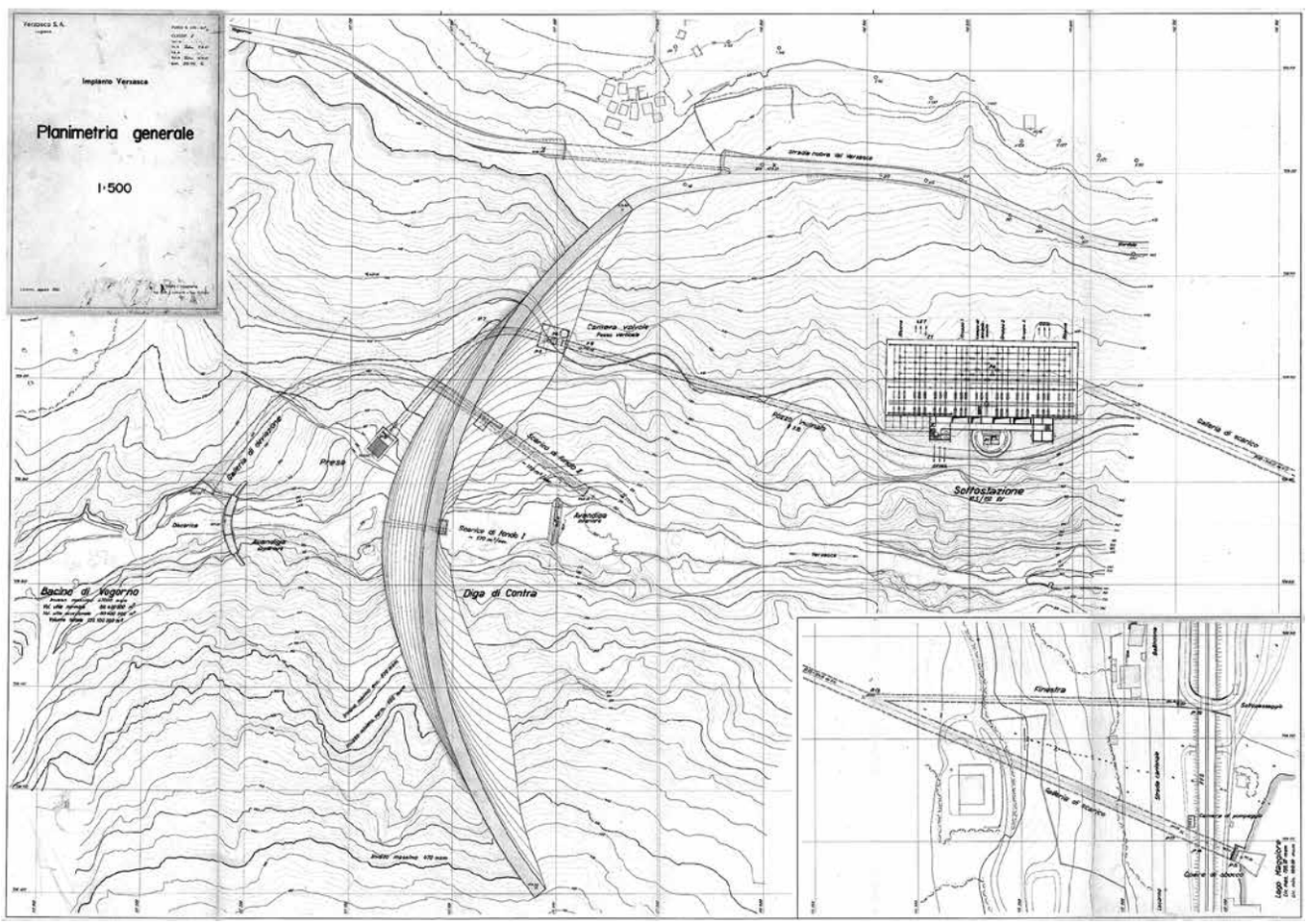


1

1 Impianto Verzasca, profilo longitudinale della diga e della centrale. Fonte Studio Lombardi-Gellera
2 Diga di Contra, 1965. Foto Marcelo Villada Ortiz
3 Impianto Verzasca, planimetria. Fonte Studio Lombardi-Gellera

Testo Archivio Lombardi SA

2



3

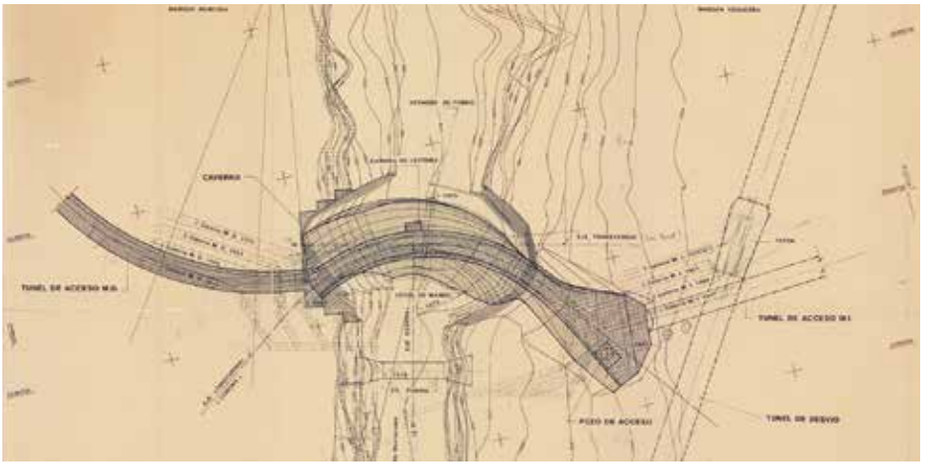
Diga Zimapán

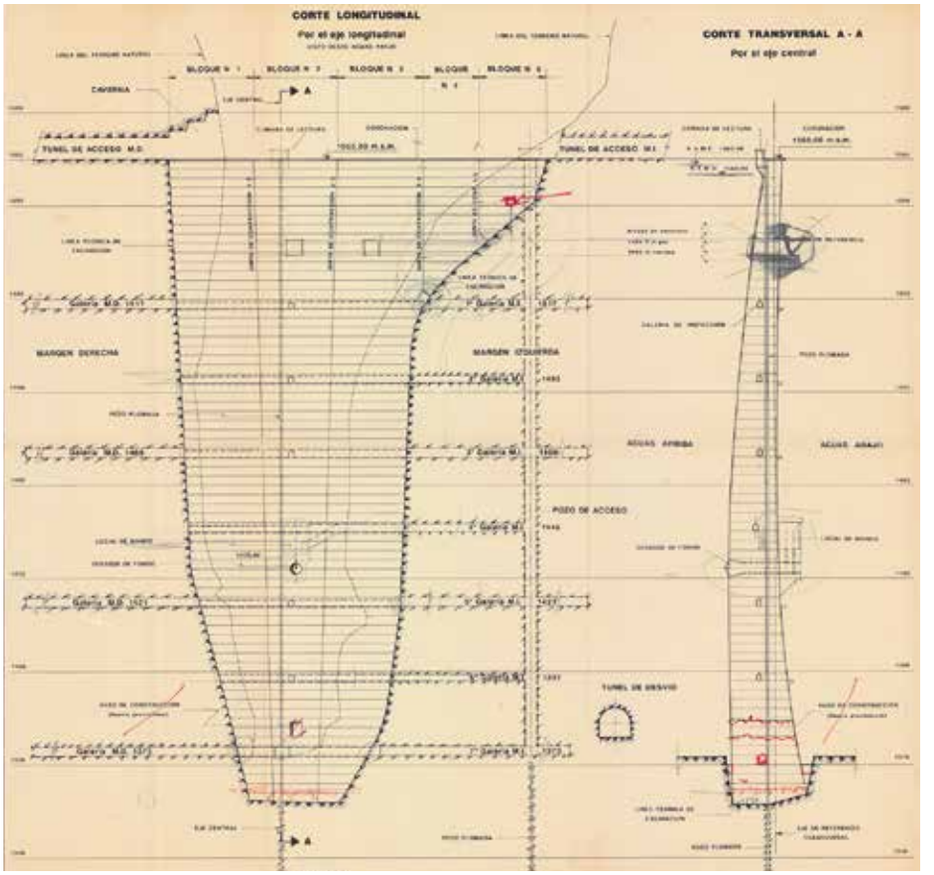
La diga ad arco sottile di Zimapán, alta 207 m con un coronamento di 115 m, chiude una stretta gola scavata nel massiccio calcare dal fiume Moctezuma, in vicinanza della città di Cadereyta in Messico. Il bacino con un volume utile di 680 hmc si estende su 23 kmq. Il salto netto dell'impianto di 600 m permette la produzione annua di 1140 GWh con una potenza di 292 MW.

L'estrema strettezza della gola ha reso necessarie soluzioni costruttive originali quanto rimarcabili onde ottimizzare tutte le fasi di realizzazione. Due gallerie di accesso a livello del coronamento scavate nel massiccio roccioso d'appoggio hanno permesso di limitare l'estensione degli scavi a cielo aperto. Due conci della diga sono stati realizzati con precedenza nell'appoggio sinistro per offrire maggiore superficie all'installazione del cantiere. In sponda destra lo scavo è iniziato in una semi-caverna ricavata nel ripidissimo fianco della valle.

Due pozzi verticali sono stati realizzati nelle spalle rocciose della diga per dare accesso alle gallerie d'iniezione e di drenaggio, di lunghezze comprese fra i 95 e i 180 m. Tre gallerie nel corpo diga connesse ai pozzi di accesso facilitarono l'ispezione e il monitoraggio. Lo scarico di fondo, situato circa 40 m sopra il letto del fiume, è munito di 2 paratoie piane.

La diga ha richiesto la messa in opera di circa 220'000 mc di calcestruzzo, valore relativamente modesto considerata la sua altezza.





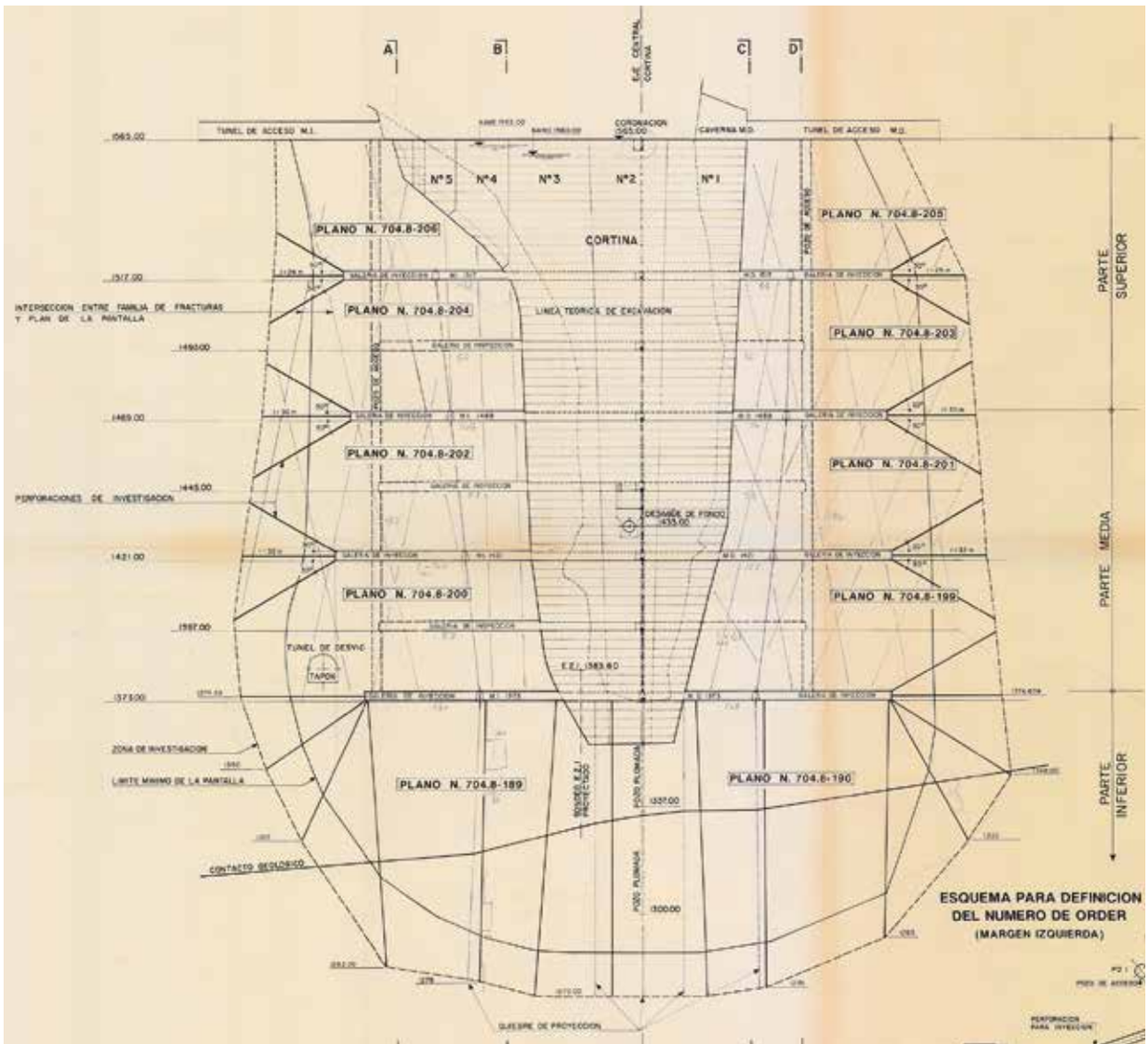
Committenza: Comisión Federal de Electricidad CFE **Fiume:** Moctezuma **Ubicazione:** Hidalgo (Messico) **Date:** costruzione/riparazione 1990-1994, messa in opera 1996 **Gestore:** Comisión Federal de Electricidad CFE **Volume totale bacino:** 1'360'000'000 mc **Volume utile:** 680'000'000 mc **Tipologia:** Diga ad arco **Quota coronamento:** 1565 m slm **Altezza massima:** 207 m **Quota invaso massimo normale:** 1560 m slm **Lunghezza del coronamento:** 115 m **Volume di calcestruzzo:** 220'000 mc **Produzione energetica annua:** 1140 GWh **Potenza:** 292 MW **Uso principale:** idroelettrico/2 generatori a turbina Pelton **Impresario costruttore diga:** Impregilo

1
2

4

1 Planimetria
2 Vista da valle e sezione
3 Diga e schermo di iniezione, vista da monte
4 Vista aerea

Testo, foto e disegni Archivio Lombardi SA



3

Ricostruzione della diga ad arco di Sera

La diga ad arco di Sera, ubicata nella Zwischbergental (Vallese), è stata messa in esercizio nel 1952 con l'intento di creare un bacino di compensazione di 175'000 mc per la regolazione giornaliera degli afflussi alla centrale idroelettrica di Gondo.

Si trattava di una diga ad arco molto snella, costituita da un cilindro di 1 m di spessore a fronte di un'altezza di 25 m e una lunghezza del coronamento di 75 m. Il calcestruzzo soffriva di un fenomeno di rigonfiamento dovuto alla reazione chimica tra gli inerti e il cemento conosciuta come reazione alcali-aggregati, che aveva comportato una deformazione irreversibile verso monte e diverse fessure, in particolare lungo il piede di valle.

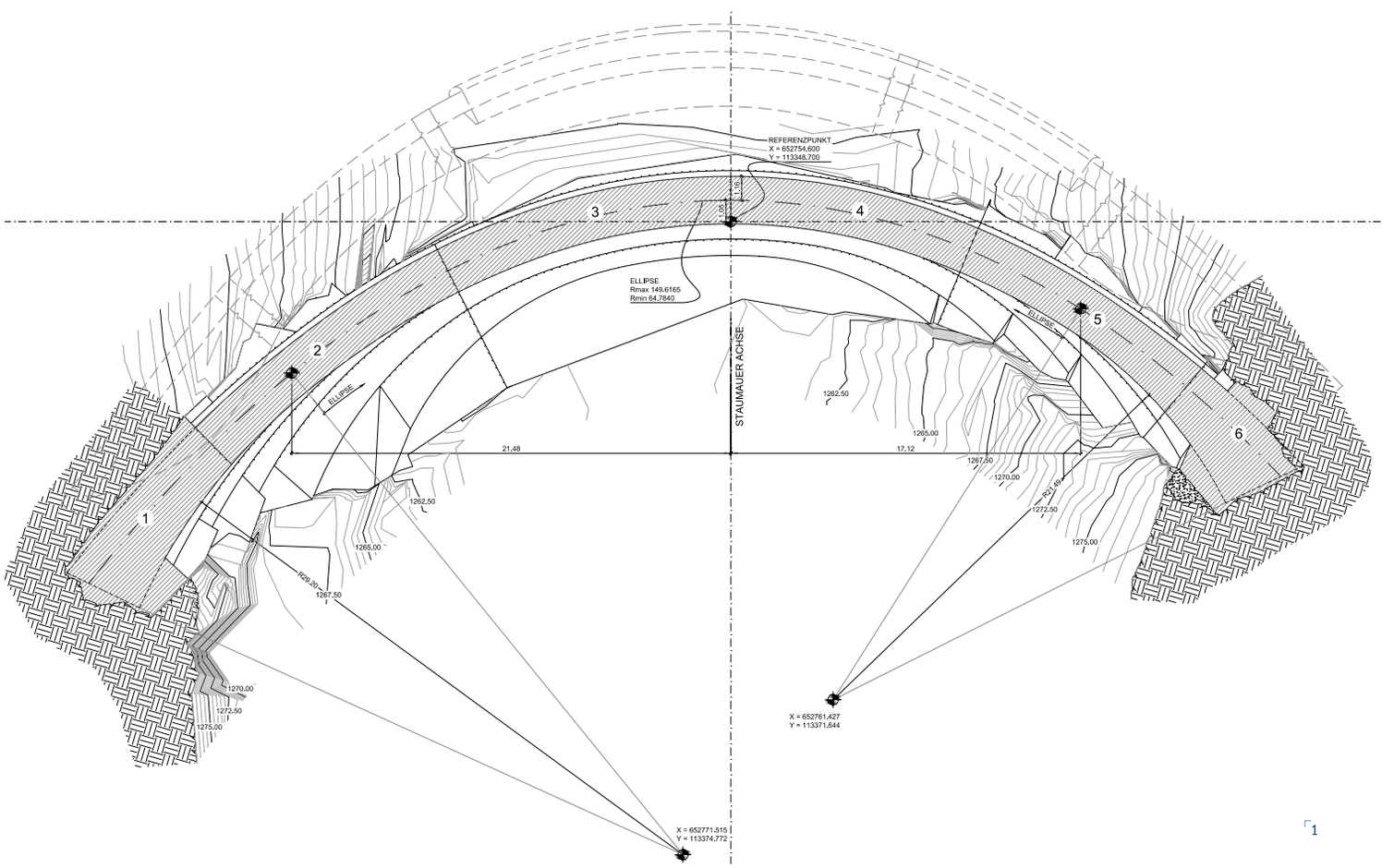
Dopo le prime misure di rinforzo eseguite nel 2006 tramite la posa di ancoraggi precompressi verticali, sono state immediatamente avviate le attività di progettazione per la messa a punto del risanamento definitivo. La costruzione di una nuova diga a valle dell'esistente permetteva di risolvere in modo definitivo le problematiche della vecchia diga e di migliorare la gestione delle piene e dei sedimenti, evitando tuttavia di dover mettere fuori esercizio l'impianto per un periodo prolungato durante i lavori.

Seppur di dimensioni modeste, la realizzazione della nuova diga ad arco ha praticamente richiesto lo sviluppo di tutti i dettagli esecutivi presenti in una grande diga di questo tipo: una geometria ottimizzata caratterizzata da archi ellittici e una volta a doppia curvatura, i dispositivi di iniezione dei giunti verticali di contrazione, le chiavi di taglio in questi giunti (nella forma a mammelloni proposta da Lombardi già per la diga di Kops), nonché lo schermo di iniezione realizzato secondo il metodo GIN.

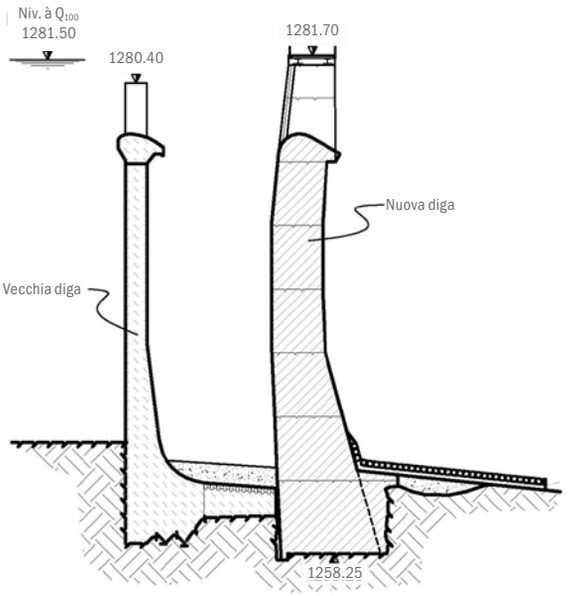
Un'ulteriore particolarità era data dall'impossibilità, per la topografia poco favorevole, di allontanare la nuova diga verso valle, che è quindi stata realizzata praticamente a ridosso di quella esistente. In particolare in sponda destra si è dovuto procedere al taglio del piede di valle della diga e della roccia sottostante, onde realizzare la fondazione per la nuova struttura.

Per evitare problematiche di rigonfiamento in futuro, il nuovo calcestruzzo è stato realizzato con l'utilizzo di cemento d'altoforno e la selezione accurata degli inerti. La nuova diga è stata costruita negli anni 2009-2010 e i lavori si sono conclusi con la demolizione di quella originale. Va ricordato infine che la nuova diga è stata dimensionata in modo tale da consentire un eventuale futuro sopralzo di 6 m dello sbarramento.

Committenza: Energie Electrique du Simplon SA **Impresa:** Zenklusen Bau AG **Ingegneria civile:** Lombardi SA **Fiume:** Grosswasser **Ubicazione:** Vallese (Svizzera) **Date** costruzione/riparazione: 2009-2011, messa in opera 1952-2011 **Gestore:** Energie Electrique du Simplon SA **Volume totale bacino:** 175'000 mc **Volume utile:** 151'000 mc **Tipologia:** Diga ad arco **Quota coronamento:** 1281.70 m slm **Altezza massima:** 25.7 m **Quota invaso massimo normale:** 1278.00 m slm **Lunghezza del coronamento:** 81.5 m **Volume di calcestruzzo:** 3750 mc **Capacità sfioratore:** 580 mc/s **Uso principale:** idroelettrico **Impresario costruttore diga:** Zenklusen BAU AG **Impianti elettrici:** Alpiq SA **Impianti idraulici:** i pochi tubi li ha posati l'impresa civile **Iniezioni:** MTS Keller AG **Costruzioni metalliche, incl. scarico di fondo:** Stahleinbau+Maschinen AG **Strumentazione diga:** Huggenberger AG **Misura livello d'invaso (sonda di pressione):** Rittmeyer AG



1



2

3

4

1 Sezione orizzontale a quota 1276.70 m slm
2 Sezione trasversale della vecchia e della nuova diga
3 La nuova diga in funzione
4 Demolizione di un setto verticale della diga
5 Costruzione della nuova diga a ridosso di quella vecchia

Testo, foto e disegni Archivio Lombardi SA

5

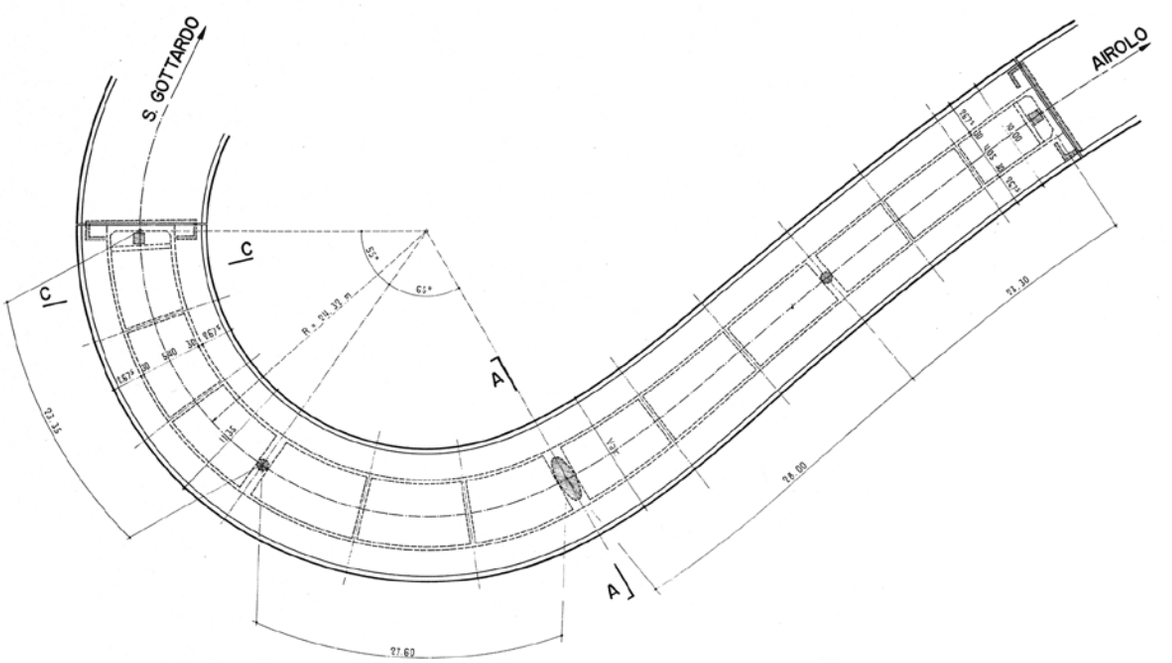
Strade e tunnel

La progettazione degli impianti idroelettrici che, oltre alle dighe, consistono spesso in una vasta rete di cunicoli e caverne hanno offerto a Lombardi la possibilità di maturare una buona esperienza in questo campo. Pertanto lo studio si fa trovare pronto all'appuntamento con le grandi infrastrutture stradali degli anni Sessanta e Settanta, soprattutto per quanto riguarda la costruzione di gallerie. Alla costruzione della galleria stradale del San Gottardo (1966-1980) segue, un trentennio più tardi, la galleria ferroviaria di base del San Gottardo (1995-2017) con la quale Lombardi inaugura un nuova stagione di attraversamenti, quelli di base per l'appunto, dell'arco alpino. A corollario, viene inserito nelle opere scelte un ponte a cassone in calcestruzzo armato e precompresso realizzato lungo la strada del valico sempre del San Gottardo in zona Fieud (1966-1970); un ponte-tornante di assoluto interesse tecnico e di straordinario fascino per quanto attiene l'inserimento nel paesaggio alpino, che testimonia, assieme ad altre opere giovanili, l'interesse di Lombardi per l'ingegneria strutturale a tutto campo. GB, AP

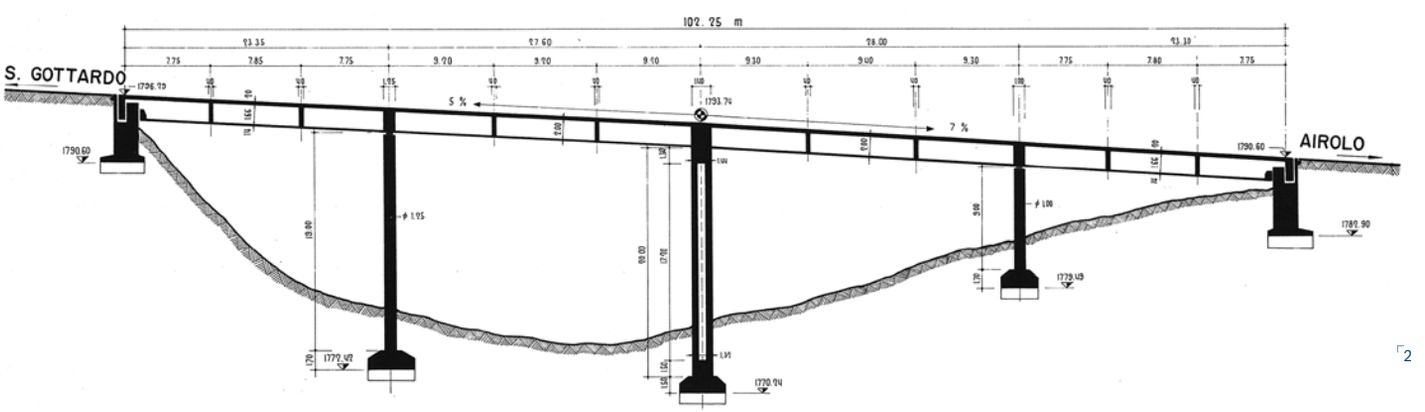
Ponte Fieud

Nell'ambito della realizzazione della strada nazionale a due corsie della Val Tremola, quale primo tratto della N2 sul valico del San Gottardo, è stato necessario costruire, oltre a numerosi piccoli manufatti, anche quattro ponti di notevoli dimensioni: il viadotto della Foppa Grande sopra la strada cantonale a Motto Bartola, il ponte sopra l'Albionasca, il tornante di Fieud e il ponte dell'Ospizio, ovviamente del San Gottardo.

Tra questi il ponte a cassone di Fieud, che ha un asse di 102 metri di lunghezza e una forma assai complessa (comporta un vero e proprio tornante), presentava un problema di fondazione dovuto a un fenomeno di instabilità del versante sotto forma di ribaltamento di strati. Inoltre l'opera doveva resistere all'impatto laterale di importanti valanghe e sopportare i carichi generati dal traffico in curva e in pendenza longitudinale. La particolare forma del manufatto e le forti spinte orizzontali da riprendere hanno condotto a dispositivi di appoggio alquanto speciali. La situazione del versante è stata posta sotto controllo con opportuni scavi e la posa di ancoraggi. Un'ulteriore particolarità dell'opera consiste nell'essere stata concepita e realizzata sulla base di una ri-precompressione parziale del calcestruzzo ancora prima che detto concetto fosse introdotto nelle norme di progettazione e costruzione.



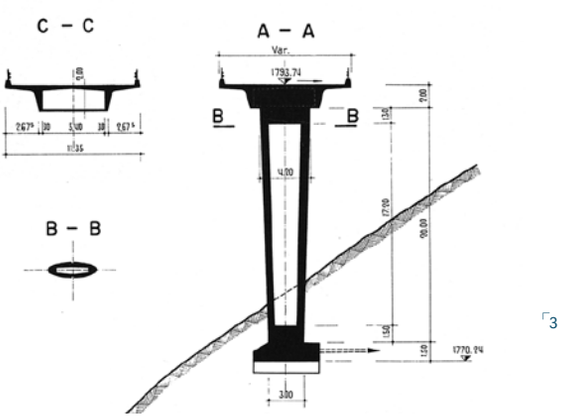
1



2

4

5



3

1 Pianta
2 Sezione longitudinale
3 Sezioni
4 Viadotto Fieud. Foto Alessandro Botteri Balli 2004 ProLitteris, Zurigo
5 Viadotto Fieud. Foto Jean Mulhauser, Fribourg

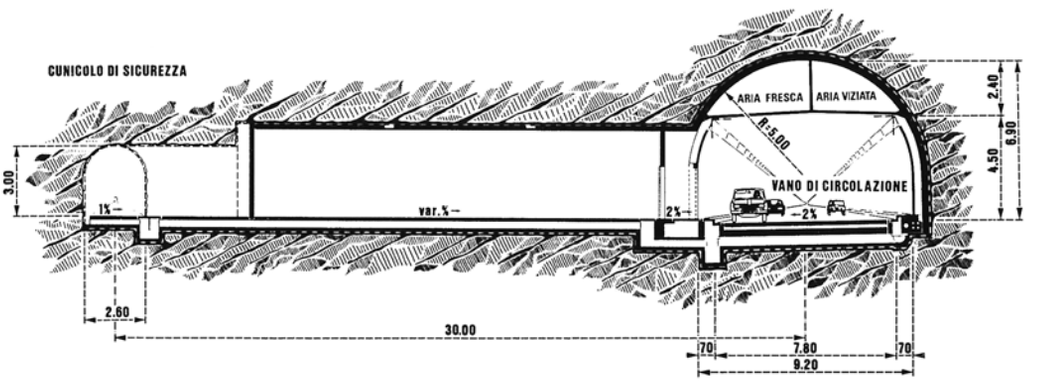
Testo e disegni Archivio Lombardi SA

Tunnel stradale Gottardo

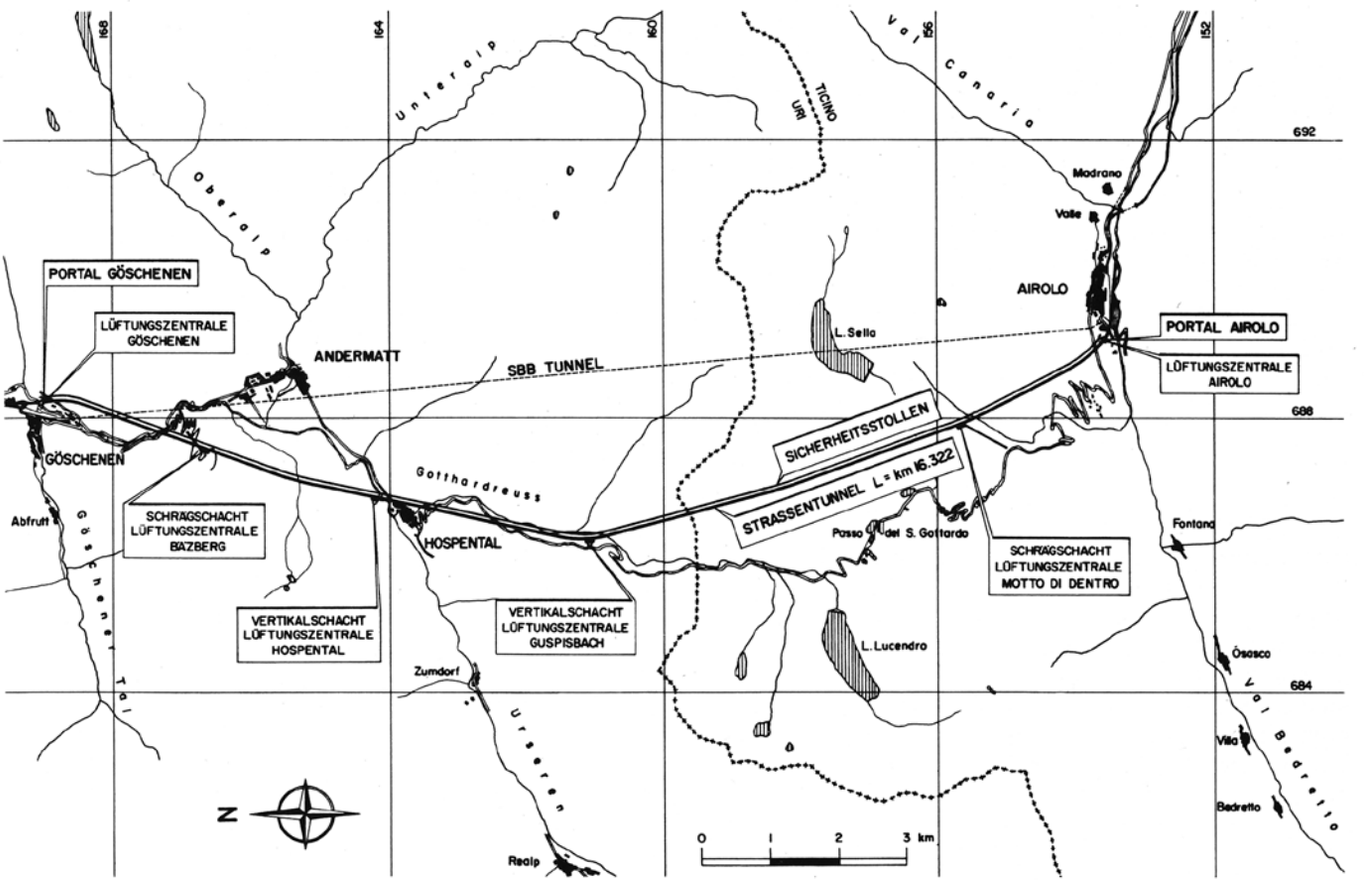
La galleria del San Gottardo, attualmente a traffico bidirezionale, è stata inaugurata nel 1980, ha una lunghezza di 16.3 km e collega i cantoni svizzeri di Uri e del Ticino sull'asse autostradale nord-sud. L'opera riveste quindi un ruolo fondamentale sia per i collegamenti nazionali, sia per quelli internazionali tra il nord e il sud dell'Europa. La galleria è stata inizialmente progettata per essere ampliata in un secondo tempo con una seconda canna, da realizzare ampliando il cunicolo di sicurezza parallelo ancora oggi in funzione. Si tratta di un'opera innovativa, perché Lombardi aveva proposto, contrariamente alle abitudini del tempo, un tracciato non rettilineo tra i due portali. Il tracciato in planimetria tende a seguire la strada del passo così da permettere un accorciamento dei pozzi di ventilazione. Con questa proposta la lunghezza della galleria è leggermente aumentata, rispetto alla soluzione classica di collegare i due portali con una retta permettendo tuttavia di ridurre il costo complessivo di realizzazione.

L'esercizio intensivo della galleria per quasi 40 anni in configurazione bidirezionale, che ha condotto a un forte deperimento dei materiali, nonché l'esigenza di adeguare l'opera alle più severe disposizioni normative in materia di sicurezza hanno portato alla necessità di sottoporre la galleria a un profondo risanamento della struttura. In questo ambito la Lombardi SA si è occupata del supporto al committente USTRA in tutti i settori tecnici e amministrativi toccati durante le fasi del Progetto Generale e di Pubblicazione, quali le opere sotterranee (scavi e sostegni), gli equipaggiamenti elettromeccanici, di sicurezza e ventilazione, le strutture esterne, la gestione del materiale, la cantieristica ecc., nonché il coordinamento con le numerose entità coinvolte e toccate dal progetto.

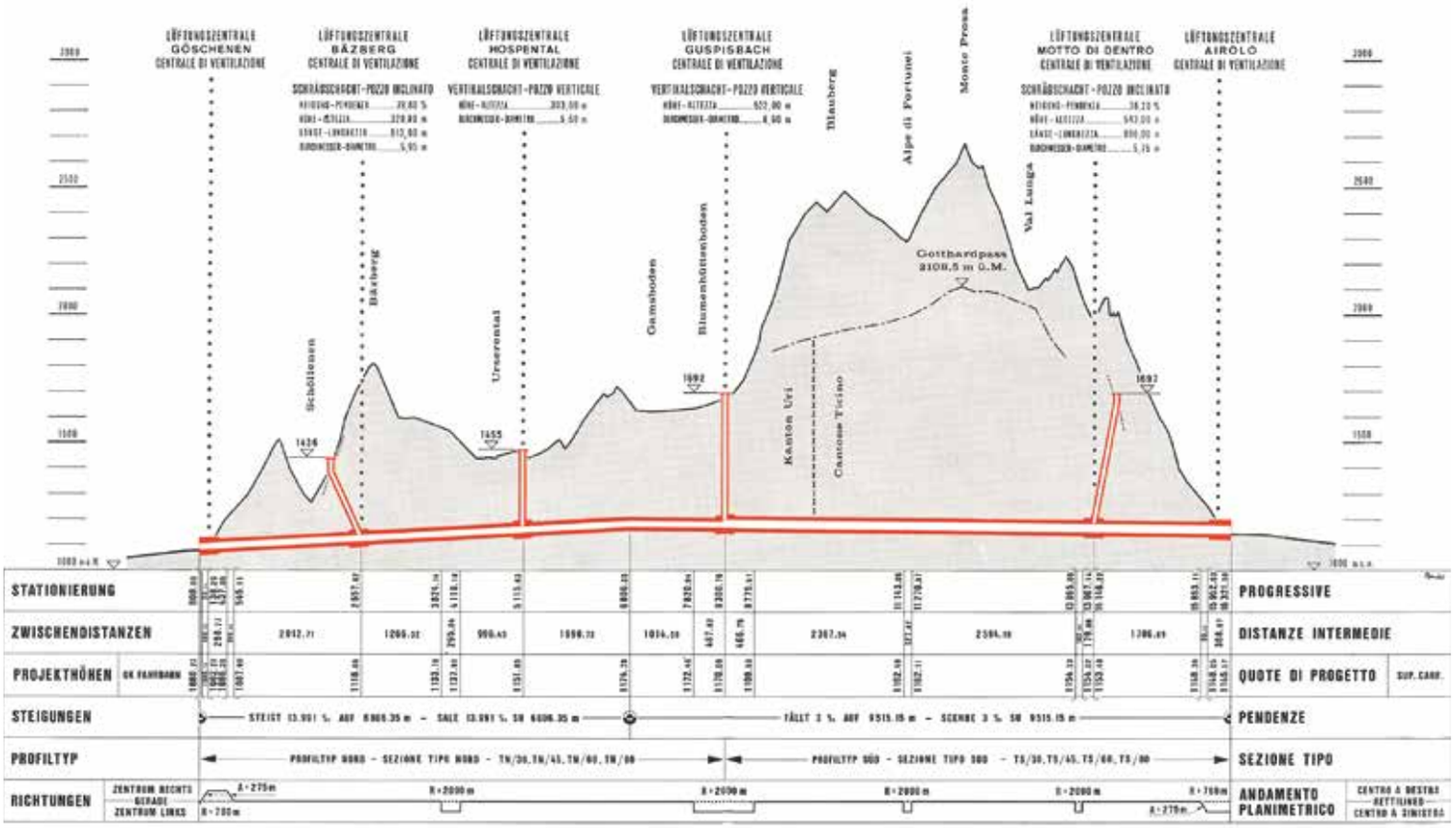
Ubicazione: Ticino - Uri (Svizzera) **Date:** periodo costruttivo 1969-1980, messa in opera 1980 **Gestore:** ASTRA
Uso: stradale **Numero di canne::** 1 canna bidirezionale
Lunghezza: 16.3 km **Metodo di scavo:** Tradizionale
Copertura: >1000 m



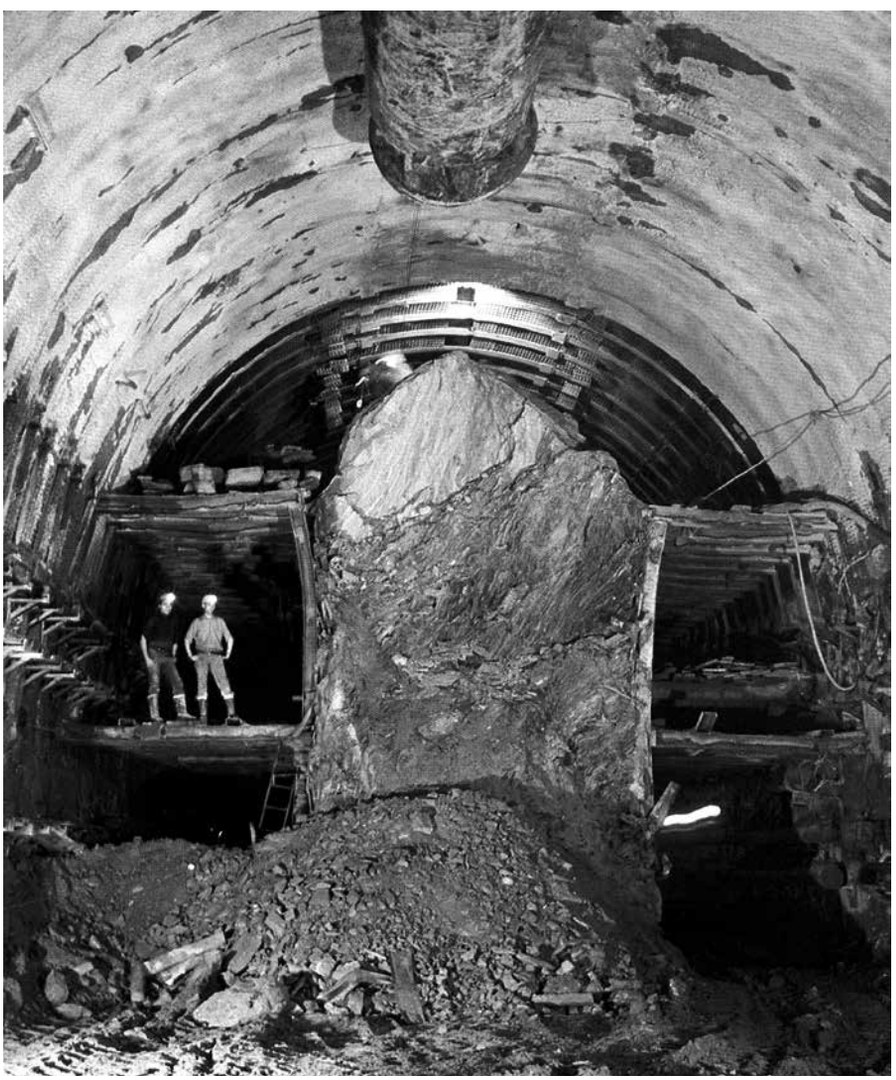
1



2



3



4

1 Sezione galleria con collegamento al cunicolo di sicurezza
2 Planimetria generale
3 Profilo longitudinale. Fonte *N2 Galleria stradale del San Gottardo*
4 Scavo della galleria Attraversamento zona Paragneis. Fonte *N2 Galleria stradale del San Gottardo*

Testo e disegni Archivio Lombardi SA

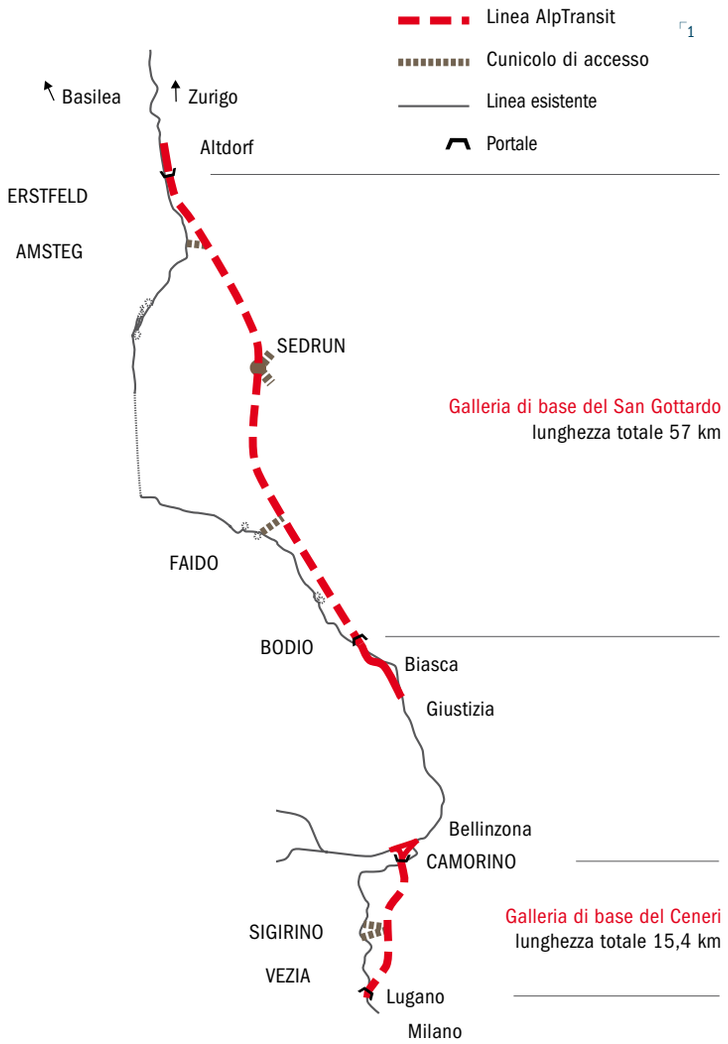
Alptransit

La galleria di base del San Gottardo costituisce l'opera principale delle nuove trasversali ferroviarie alpine. Il progetto consiste in 2 canne di 57 km, collegate ogni 325 m circa mediante cunicoli trasversali in cui trovano posto varie installazioni tecniche. Allo scopo di limitare i tempi di costruzione, lo scavo è avvenuto contemporaneamente dai due portali e da tre punti di attacco intermedi: la finestra di Amsteg (1782 m), la discenderia di Faido (2646 m), la finestra (900 m) e i 2 pozzi verticali di Sedrun (800 m).

La galleria attraversa principalmente rocce cristalline che appartengono a tre unità geologiche importanti. Le zone sedimentarie che li separano sono il massiccio intermedio del Tavetsch e la sacca di Piora. La copertura rocciosa massima raggiunge i 2300 m nella zona del massiccio del San Gottardo.

I metodi di scavo della galleria sono stati oggetto di studi approfonditi. Sono stati esaminati gli aspetti legati alla geologia, alla geotecnica, alla composizione dei lotti, alle velocità di avanzamento, ai costi di costruzione, al riutilizzo dello smarino. Oltre l'80% della galleria è stata scavata in meccanizzato mediante TBM aperta (Gripper). Gli accessi intermedi, le stazioni multifunzionali di Faido e di Sedrun, i cunicoli trasversali sono stati scavati all'esplosivo, così pure la galleria in linea nella tratta di Sedrun.

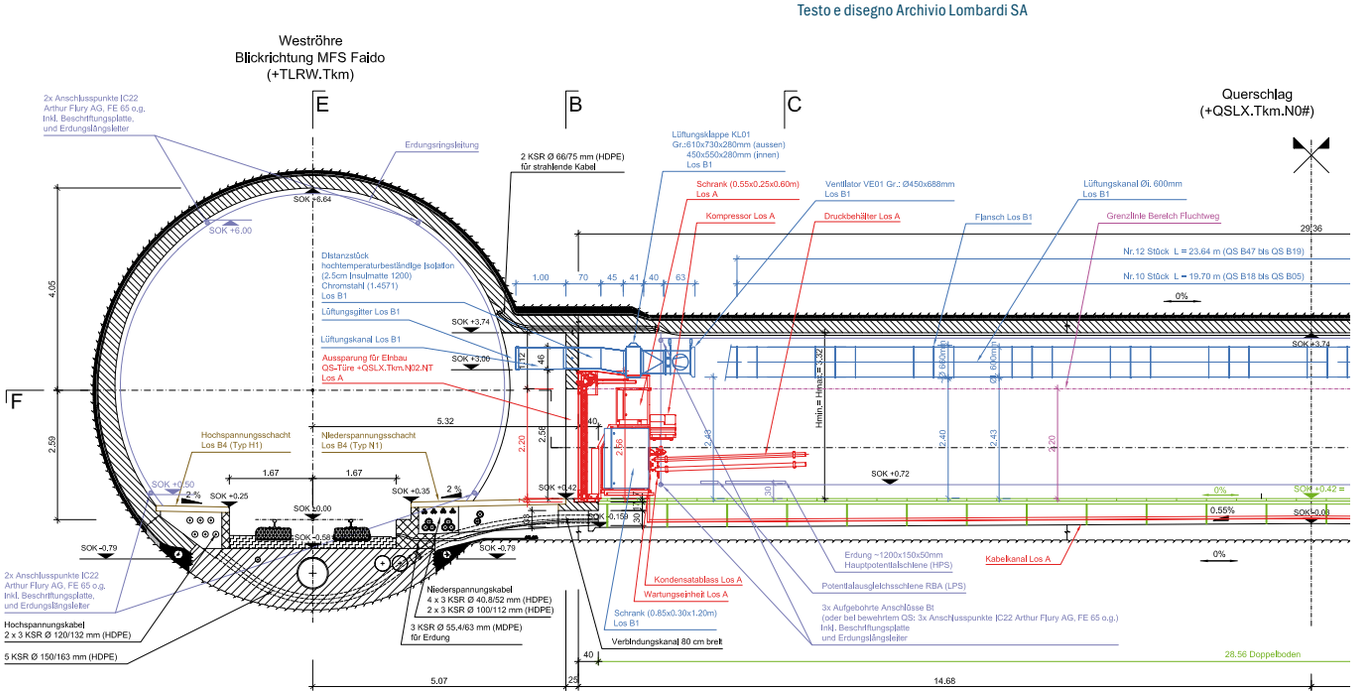
Due stazioni multifunzionali si trovano ai piedi dei pozzi di Sedrun e della discenderia di Faido. Esse fungono da fermata d'emergenza, permettono la messa in salvo delle persone attraverso un sistema di cunicoli e consentono un cambiamento di canna ai treni. Vi trovano posto locali tecnici e infrastrutture elettromeccaniche della galleria. Due centrali di ventilazione, una nella caverna alla testa dei pozzi di Sedrun e la seconda al portale della discenderia di Faido permettono di gestire i flussi d'aria durante gli interventi di manutenzione della galleria di base e in caso di emergenza (immissione di aria fresca e messa in sovrappressione delle aree sicure ed estrazione dei fumi). Il rispetto delle prescrizioni ambientali e di quelle di sicurezza sul lavoro è stato oggetto di particolare attenzione.



1

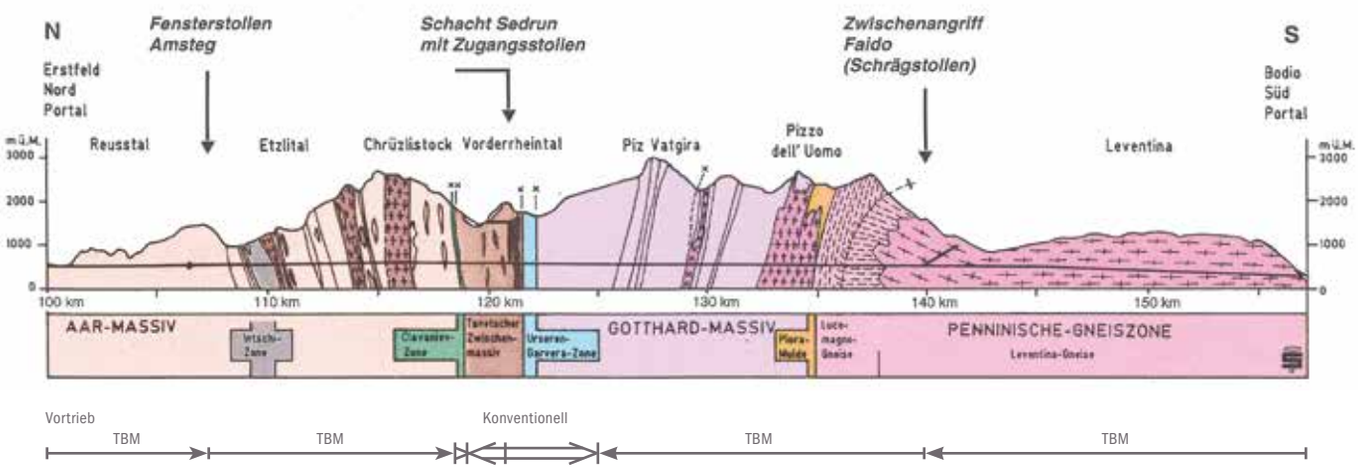
1 Progetto AlpTransit, tratta a cielo aperto e in galleria. Fonte AlpTransit San Gottardo SA
2 Sezione trasversale.
3 Galleria ultimata. Fonte AlpTransit San Gottardo SA
4 Profilo geologico con indicazioni dei sistemi di scavo. Fonte AlpTransit San Gottardo SA
5 Schema del sistema di gallerie cunicoli e condotte e dei pozzi di ventilazione della galleria di AlpTransit. Fonte AlpTransit San Gottardo SA

Testo e disegno Archivio Lombardi SA



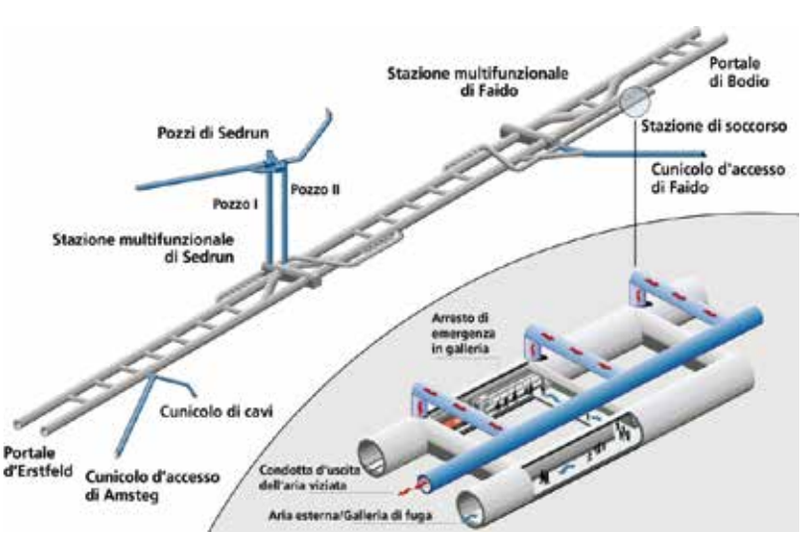
2

3



4

Committenza: AlpTransit Gotthard Ltd., Lucerna **Ubicazione:** Bodio-Erstfeld **Date:** periodo costruttivo 1995-2016, messa in opera 2016 **Gestore:** AlpTransit Gotthard Ltd., Lucerne **Uso:** Ferroviario **Numero di canne:** 2 canne unidirezionali **Lunghezza:** 57 km **Metodo di scavo:** TBM **Copertura:** 2300 m **Impresa costruzione grezza:** diversi lotti, per i principali: 452/554: Consorzio TAT (Implenia, Alpine Mayreder, CSC/ Impregilo, Hochtief), lotto 360: Consorzio TRANSCO (Implenia, Bilfinger & Berger, Pizzarotti, Frutiger) **Impianti elettromeccanici:** diversi lotti, oltre 20 ditte, tra cui: Elkuch Bator AG, ABB, TLT Turbo, Martitechnik, Baumeler AG, Alpiq Burkhalter AG, Alpiq, Implenia, BGS AG **Impianti elettrici:** vedi impianti elettromeccanici **Impianti idraulici:** vedi impianti elettromeccanic **TBM:** Herrenknecht



5

Innovazioni e contributi scientifici

Non poteva mancare, all'interno delle opere scelte, un ambito che a Lombardi è sempre stato molto a cuore; ovvero la voglia di capire e di riuscire a spiegare scientificamente i fenomeni che si presentano nella pratica professionale.

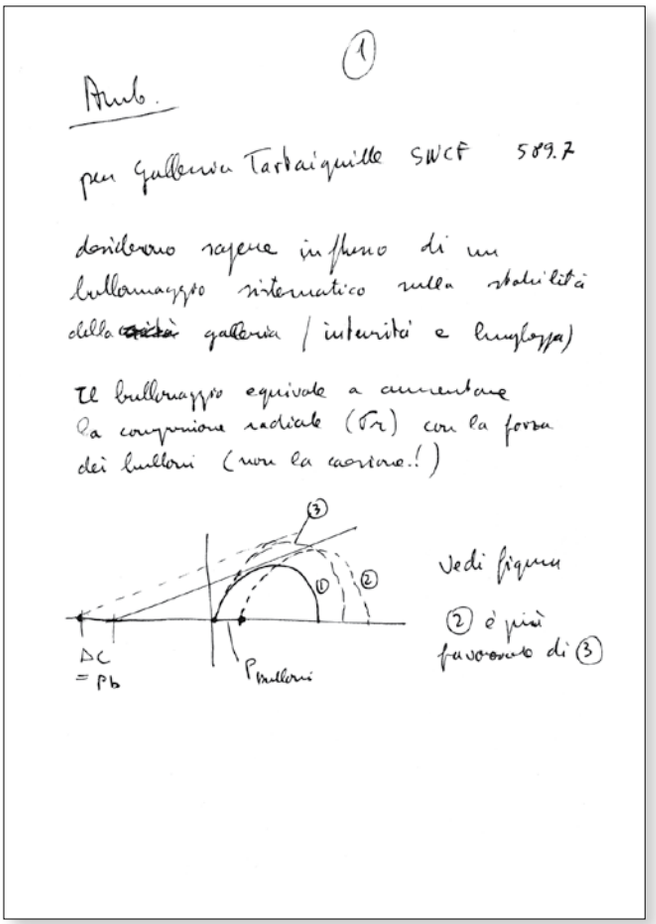
Presentiamo in questa sezione i tre contributi fondamentali che fanno di Lombardi una figura di riferimento nel campo della geo-ingegneria a livello internazionale: il metodo convergenza-confinamento, sviluppato a partire dagli anni Settanta, che permette la risoluzione del problema dell'interazione tra rivestimento di un'opera sotterranea e ammasso roccioso in cui essa è realizzata; il modello FES sviluppato nel 1978 nell'ambito dell'incarico per spiegare le cause dei problemi riscontrati sulla diga di Zeuzier in Vallese, durante lo scavo di una galleria nei pressi dell'opera; il concetto GIN sviluppato negli anni Ottanta per l'ottimizzazione del processo di iniezione degli ammassi rocciosi. GB, AP

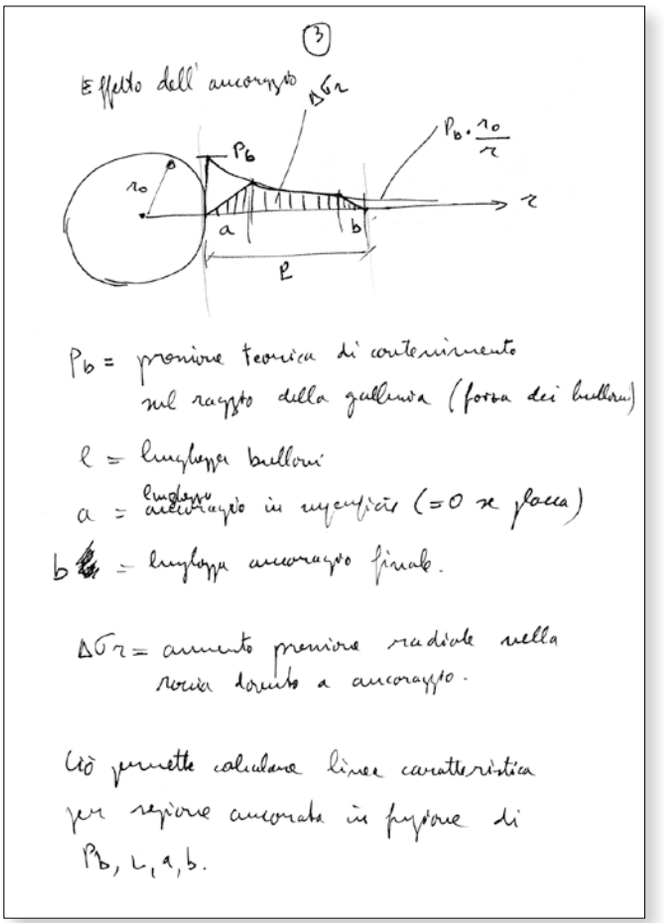
Metodo convergenza-confinamento

La costruzione di opere sotterranee si è basata per molti secoli su semplici metodi empirici senza alcun approccio scientifico, a causa della complessità del problema stesso. Ad esempio, in un libro pubblicato nell'anno 1953 negli Stati Uniti si poteva addirittura leggere quanto segue: «non esiste alcun metodo razionale per dimensionare il rivestimento di una galleria e quindi lo stesso deve essere progettato con uno spessore che sia di un pollice per ogni piede di diametro della galleria».

Il contributo dello studio Lombardi allo sviluppo di un approccio scientifico a tali temi arrivò agli inizi degli anni Settanta, con il cosiddetto metodo delle linee caratteristiche, che permette la risoluzione del problema dell'interazione tra rivestimento di un'opera sotterranea e ammasso roccioso in cui essa è realizzata. In estrema sintesi, il metodo, tenendo conto della deformabilità sia dell'ammasso roccioso che del rivestimento o in generale dei supporti posti in opera, permette di determinare il carico gravante su questi ultimi, imponendo la compatibilità tra la deformazione dell'ammasso che tende a chiudersi a seguito dello scavo e quella del rivestimento che si oppone a tale movimento. Nel metodo gioca poi un ruolo fondamentale la quantità di deformazione dell'ammasso roccioso che si sviluppa prima che il rivestimento sia installato e che sia diventato staticamente attivo, tema a cui non veniva dato grande risalto nella letteratura dell'epoca.

L'approccio pratico e razionale, che sempre ha contraddistinto l'operato di Lombardi, ha quindi permesso di valutare in maniera precisa i carichi effettivamente gravanti sui rivestimenti delle cavità sotterranee, con indiscutibili vantaggi in termini di sicurezza ed economicità di realizzazione. L'importante innovazione introdotta da Lombardi permise così di liberare la progettazione delle opere sotterranee dalle nebbie dell'empirismo.





GIN «Grouting Intensity Number»

Il concetto GIN è un approccio autoregolante per eseguire iniezioni in roccia, che permette di ottimizzare il processo di iniezione. In particolare consente: 1) di iniettare solamente dove è strettamente necessario permettendo di prevenire sprechi; 2) di iniettare con la massima pressione ammissibile senza causare danni, con lo scopo di aumentare l'efficienza e migliorare il risultato degli interventi di iniezione in roccia.

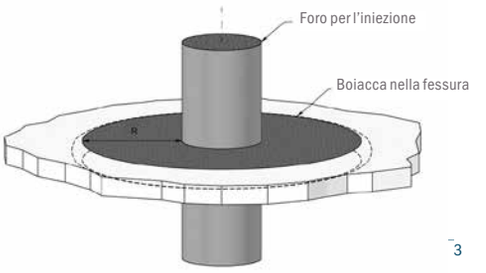
Questo concetto è stato introdotto più di 30 anni fa dall'ingegnere Lombardi con lo scopo di evitare rotture nell'ammasso roccioso fessurato, migliorando l'efficacia e l'efficienza delle iniezioni in roccia.

I tre parametri fondamentali del concetto GIN sono il coefficiente d'intensità (Grouting Intensity Number) dell'iniezione, la pressione massima e il volume massimo (target). Il valore GIN è il prodotto di P, la pressione d'iniezione, e V, il volume cumulativo.

Il prodotto P rimane costante, indipendentemente dallo spessore della fessura. Questo valore definisce quindi l'intensità d'iniezione, il cosiddetto Grouting Intensity Number (GIN), e si misura in dimensione energetica (unità: Joule). Semplificando, questo significa che, per riempire una fessura molto sottile, serve poco materiale ma una pressione relativamente alta, mentre, per intervenire su una fessura più ampia, la pressione deve essere diminuita ma serve più materiale.

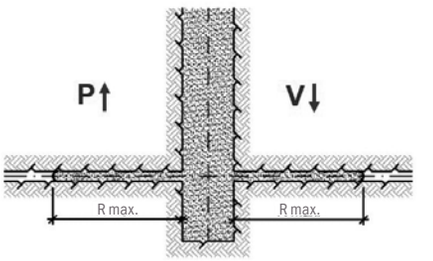
Questo approccio permette di evitare combinazioni di alte pressioni e volumi elevati, che possono portare a rotture dell'ammasso roccioso e/o al rischio dell'innalzamento della superficie.

Dalla sua scoperta a oggi, il concetto GIN si è dimostrato e si dimostra tuttora uno strumento affidabile per gestire in modo efficace i processi di iniezione in roccia in numerosi progetti in tutto il mondo caratterizzati da una notevole varietà di condizioni. Grazie alle sue solide basi fisiche, la sua generalità e la sua semplicità, il concetto GIN mostra chiaramente che l'iniezione in roccia è, o può essere, un'operazione trasparente, efficiente e facilmente controllabile.

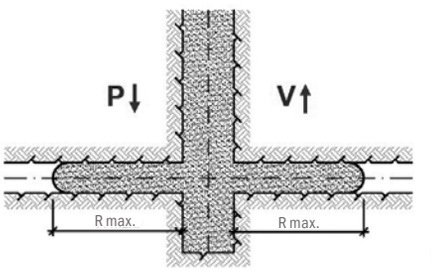


3

$P \cdot V = GIN = costante$

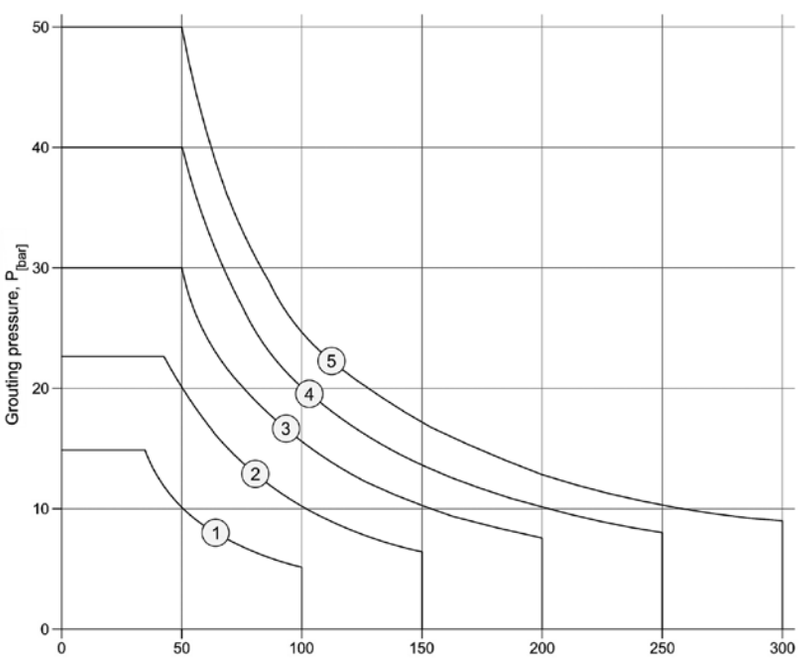


Volume piccolo, pressione alta



4
5

Volume grande, pressione bassa



Nr.	Intensity	GIN [bar·lt/m]	P_{max} [bar]	V_{max} [lt/m]
1	very high	2500	50	300
2	high	2000	40	250
3	moderate	1500	30	200
4	low	1000	22.5	150
5	very low	< 500	15	100

6

1-2 Appunti di Giovanni Lombardi sulla linea caratteristica di una galleria e l'effetto di ancoraggi sistematici
3 Propagazione della boiacca all'interno di una fessura normale all'asse del foro
4 Volume e pressione in caso di fessura sottile
5 Volume e pressione in caso di fessura aperta
6 Volume e pressione di iniezione e rappresentazione del limite GIN

Testo e disegni Archivio Lombardi SA

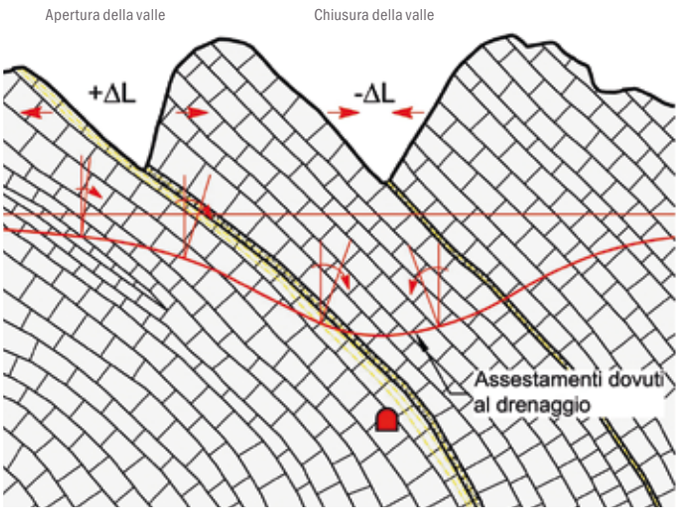
FES «Fissured, Elastic, Saturated rock mass»

Nell'autunno del 1978, dopo 21 anni di esercizio perfettamente regolare, la diga ad arco Zeuzier, di 156 m di altezza, cominciò inaspettatamente a mostrare un comportamento anomalo. In un anno, i cedimenti in questa zona avevano raggiunto i 9 cm, la valle era divenuta più stretta di 5 cm e la parte centrale del coronamento si era spostata di 6 cm a monte. Queste deformazioni causarono una fessura orizzontale sul paramento di valle con un'apertura fino a 15 mm.

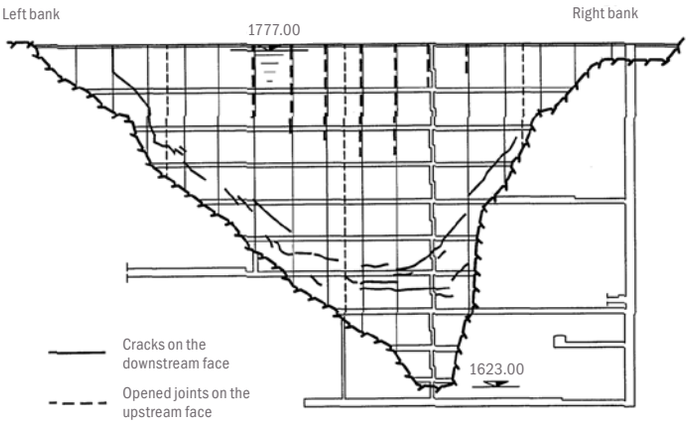
Dopo approfondite ricerche sulle cause venne appurato che la ragione di questi movimenti era dovuta allo scavo in corso della galleria del Rawyl, finalizzata al collegamento stradale tra il Vallese e il Canton Berna, che raccoglieva fino a 1000 l/s di acqua d'infiltrazione e causava il drenaggio di un importante acquifero. L'analisi del problema ha presentato l'opportunità di sviluppare il modello FES, che accoppia opportunamente l'equilibrio idraulico e l'equilibrio meccanico dell'ammasso roccioso fessurato e la loro evoluzione nel tempo. Il drenaggio porta a una chiusura parziale delle discontinuità, che cumulativamente si riflette in un assestamento del massiccio.

La sua applicazione ha permesso l'interpretazione e la corretta simulazione numerica dell'evento e di stabilire le basi per la realizzazione dei lavori di riparazione della diga. Negli anni 1982-1983 venne eseguito un esteso intervento di riparazione comprendente iniezioni del contatto fra calcestruzzo e roccia, dei giunti e delle fessure. Da allora la diga di Zeuzier è regolarmente in esercizio, sebbene i cedimenti proseguano nel lungo termine conformemente a quanto previsto dalla modellazione FES.

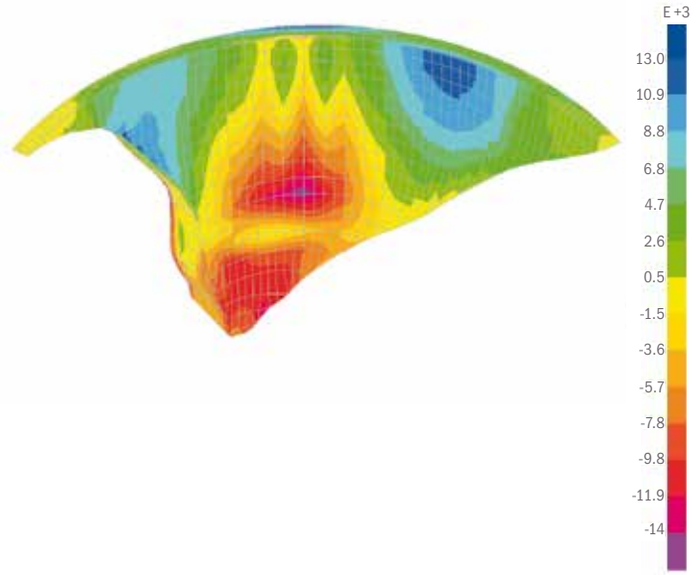
Nel frattempo il modello FES è stato sviluppato ulteriormente e ha costituito la base per la valutazione delle deformazioni superficiali indotte dallo scavo della galleria di base del San Gottardo sulle dighe sovrastanti. Presso la diga di Nalps la valle si è chiusa di circa 2 cm, mentre alla diga di S. Maria è stata misurata un'apertura di 1 cm alla quota del coronamento. Si conferma quindi che le opere sotterranee profonde conducono a variazioni della falda su larga scala, sia durante sia dopo le fasi di costruzione, che a seconda delle condizioni geologiche e idrogeologiche dell'ammasso roccioso provocano deformazioni più o meno rilevanti in superficie.



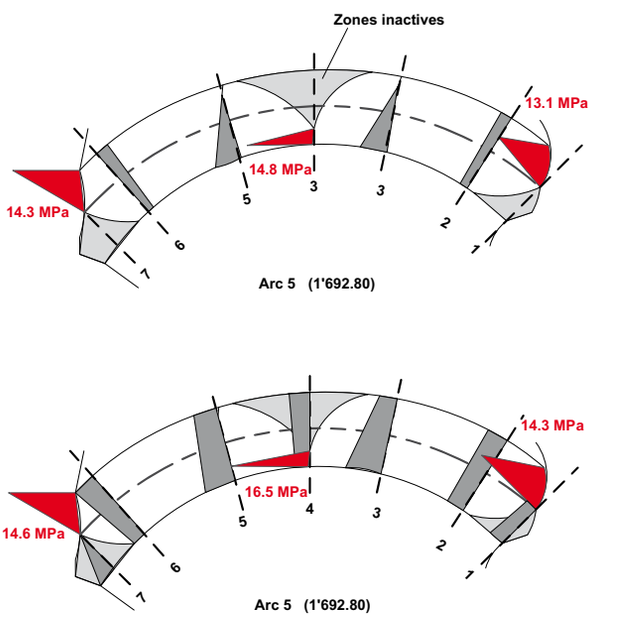
2



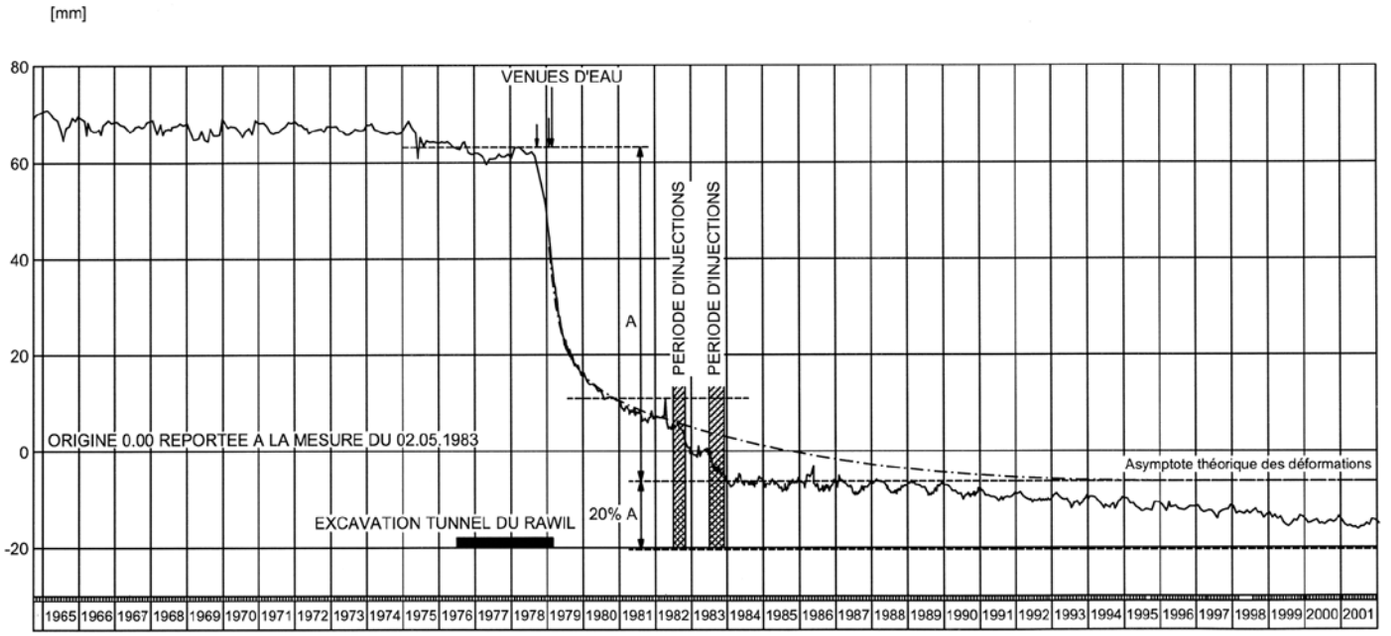
3



1



4



5

Diga di Zeuzier

1 Calcolo strutturale
2 Assestamenti dovuti al drenaggio del massiccio
3 Danni riscontrati nel 1979
4 Tensioni nella diga fessurata
5 Deformazione radiale al coronamento
6 Vista da valle

Testo, foto e disegni Archivio Lombardi SA

6

Lombardi SA Ingegneri Consulenti, diga del Muttsee, vista da ovest. Foto Axpo

Implenia® Il prestatore di servizi globale.

Implenia ragiona e costruisce per la vita. Con piacere.

www.implenia.com

Intervista a Joris Van Wezemael

Silvia Berselli
Architetto, storica dell'architettura

Joris Van Wezemael, nuovo direttore della Società svizzera degli ingegneri e degli architetti (SIA), ha conseguito un dottorato in Geografia economica presso l'Università di Zurigo (UZH) e ha ottenuto un'abilitazione in Sociologia dell'architettura presso il Politecnico federale di Zurigo (ETHZ). Dopo un soggiorno di ricerca nel Regno Unito ha condotto l'ETH-Wohnforum e ha insegnato Geografia degli insediamenti e Sviluppo territoriale all'Università di Friburgo. Attualmente gestisce una fondazione d'investimento immobiliare presso il Gruppo Pensimo ed è docente all'ETHZ.

Si presenti in poche parole: chi è e cosa fa?

Ho 44 anni, sono sposato e ho tre figli. Sono affascinato dall'evoluzione delle città e dei paesaggi, sia come risultati culturali, sia come sistemi urbani indipendenti da una progettualità, e sono interessato a tutti gli aspetti che influenzano la traiettoria della loro evoluzione e che creano connessioni. Il mio background in geografia, economia, sociologia e pianificazione e la mia passione per lo sviluppo tecnologico mi aiutano a mantenere una prospettiva di ampio respiro sui processi più rilevanti.

Quali sono i fattori che più hanno contribuito alla sua formazione?

Un autore che ha cambiato il mio modo di pensare, di affrontare i problemi e probabilmente alcune delle mie modalità di ragionamento è il filosofo francese Gilles Deleuze, nella rilettura del filosofo-artista messicano-americano Manuel DeLanda, che ha tradotto il messaggio di Deleuze in una forma più accessibile per un giovane con un background scientifico. Ho imparato da loro il valore delle relazioni piuttosto che delle cose; a usare i concetti chiave delle scienze della complessità per reinterpretarli e applicarli nel campo della pianificazione e dell'economia; ho imparato quanto è importante comprendere che non si può sfuggire al fatto di essere in *medias res*: «inizio» e «fine» sono solo pericolose illusioni, come lo sono le letture semplificate dell'autorialità o la riduzione del concetto di creatività al genio del singolo individuo.

La mia passione per lo spazio urbano è stata probabilmente risvegliata dalle città del Nord Italia, dove i miei genitori mi portavano molto spesso quando ero bambino; questa fascinazione era parallela a una profonda attrazione per le grandi infrastrutture, nutrita dall'immaginario visivo della mia città natale, Anversa, e dal suo porto. Gli amici mi prendevano in giro perché preferivo la ruggine del New Jersey al Parco Provinciale dell'Algonquin!

E infine, quando stavamo sviluppando il tema delle «geografie dell'abitare» come focus di ricerca presso il dipartimento di Geografia dell'Università di Zurigo, ho visitato le regioni della Germania dell'Est e ho imparato a conoscere i diversi modi in cui vengono gestiti i mercati dell'edilizia e delle costruzioni e allo stesso tempo a comprendere le interdipendenze tra politica e pianificazione. Credo che sia importante avere ben presenti diversi contesti culturali, geografici e anche tecnici quando si devono, ad esempio, affrontare i giusti problemi attuali e soprattutto futuri per la pianificazione nazionale in Svizzera.

Come interpreta il concetto di Baukultur?

Credo di far parte di una generazione fortemente orientata ai processi. Pertanto, per me, Baukultur si riferisce soprattutto alla *Kultur des Bauens (building culture,* cultura della costruzione). Ciò allarga la prospettiva sul termine, allenta il suo orientamento all'oggetto e include non solo le nostre professioni legate alla pianificazione, ma in particolare il mondo del cliente (= *Bauherr*) e in particolare l'utente.

Come possono le istituzioni come la SIA contribuire allo sviluppo e alla diffusione di una cultura del progetto che produca un incremento della qualità dell'ambiente costruito?

La SIA deve prendere parte al discorso sulla qualità dell'ambiente costruito guardando nello stesso tempo ai professionisti, come i pianificatori e i clienti, al pubblico più vasto, così come al sistema politico. Bisogna rivolgersi alla gente comune nell'intento di comprendere le sue posizioni, mettersi al suo posto, parlare la sua lingua; soprattutto bisogna smettere di giocare a fare gli esperti davanti a un pubblico di profani, come quando un pianificatore illuminato insegna ai non addetti ai lavori come devono vivere e interpretare i loro spazi. «Qualità» è un termine vago, così come «cultura». Se si vogliono mettere questi termini al centro della propria agenda di lavoro, l'approccio deve essere principalmente dal basso e deve procedere secondo i criteri di rilevanza esplicitati dell'utente, non con quelli proposti dall'esperto. Ad esempio, se è necessario riqualificare uno spazio pubblico, è altamente probabile che debba essere modificata la sua destinazione d'uso, mentre per recuperare un edificio potrebbe invece essere importante produrre un piano di investimento e innescare un processo basato sullo spirito imprenditoriale, che punti a uno sviluppo economico futuro. Questo ragionamento si applica anche ai luoghi della residenza, dello shopping, del lavoro, ai contenitori di funzioni pubbliche, private o miste.

Come possono una persona fisica oppure un'istituzione (come la SIA) contribuire a diffondere una cultura dell'abitare e del costruire che integri i concetti di sostenibilità, non solo ecologica, ma anche economica e umana, la partecipazione al progetto o almeno l'informazione?

In primo luogo, un'istituzione dovrebbe identificare i desideri dei diversi gruppi che compongono il tessuto sociale di riferimento e integrarli in strategie di comunicazione fattive, mostrando progetti concreti e risultati che si realizzano nella dimensione specifica di quel pubblico. In seguito dovrebbe mostrare ai potenziali investitori che il concept così creato è fattibile e desiderabile, perché un progetto ottiene popolarità attraverso la sua dimensione di patrimonio culturale e diventa una proposta commerciale allettante, unica e irripetibile. Ad esempio, utilizzare la bicicletta piuttosto che l'automobile deve essere una scelta attrattiva e divertente – e non solo un gesto consapevole nei confronti dell'ambiente.

In secondo luogo, l'istituzione dovrebbe mettere in moto un sistema di validi incentivi economici, in modo da poter attrarre e coinvolgere i principali soggetti attivi nella pianificazione. Grazie a questi incentivi, per un'impresa dovrebbe diventare economicamente interessante abbassare i costi di costruzione e per i responsabili della pianificazione dovrebbe diventare una buona prassi quella di integrare il fattore costi nei modelli di costruzione, di progettare semplici sistemi tecnologici di costruzione oppure di ottimizzare l'impiego di edifici e infrastrutture per la loro intera vita utile, tenendo in considerazione i rispettivi cicli di utilizzo dei diversi manufatti edilizi. Credo che la SIA possa contribuire attivamente al disegno di questi nuovi modelli di sviluppo di progetti di ampio respiro; può farlo diventare il suo *core business*, la sua struttura identitaria, anche modificando e ottimizzando in questo senso il suo sistema di norme e regolamenti.

Approfondimento
www.espazium.ch/linterdisciplinarita-mi-ha-sempre-accompagnato

Migliorare la qualità, tutelando la cultura della costruzione

Hans-Georg Bächtold
Direttore SIA
hans-georg.baechtold@sia.ch

1 A colloquio: Maria Lezzi, direttrice ARE, con il consigliere nazionale Daniel Fässler, il direttore SIA Hans-Georg Bächthold e il consigliere nazionale Karl Vogler. Foto Philipp Zinniker

Durante la colazione parlamentare tenutasi quest'anno a Palazzo federale la SIA ha chiesto maggiore qualità per le costruzioni agricole e procedure di aggiudicazione orientate in tal senso.

«Dimmi come costruisci e ti dirò chi sei». È con questa citazione di Christian Morgenstern che il vicepresidente SIA Daniel Meyer ha dato il benvenuto ai parlamentari e agli esperti di pianificazione territoriale incontratisi a Palazzo federale il 1° marzo, di buon mattino. Con il caffè delle 7.00, in tavola, c'erano altri temi scottanti: la qualità nella costruzione e l'identità del patrimonio costruito. In occasione dell'annuale colazione parlamentare, la SIA ha cercato il dialogo con la sfera politica, chiedendo che, come è stato per lo sviluppo centripeto, siano stabilite chiare regole del gioco anche per le costruzioni nei fuori zona e che, con la revisione della legge sulla pianificazione del territorio, tali regole entrino in vigore. La SIA non accoglie l'iniziativa contro la dispersione degli insediamenti, poiché limiterebbe in modo drastico la creazione di nuove zone edificabili. Inoltre ritiene che la compensazione delle zone edificabili, prevista dall'iniziativa a livello svizzero, non sia attuabile, in ragione della sua complessità.

Puntare ai benefici invece che al risparmio

Daniel Meyer ha parlato della revisione totale che interessa attualmente la legge federale sugli acquisti pubblici (LAPub). Qui, ha sottolineato Meyer, è necessario un cambio di paradigma perché le prestazioni intellettuali, come quelle fornite dagli ingegneri, non possono essere acquistate come fossero merce standardizzata. Ci vuole una vera messa in concorrenza, che tenga conto dei prezzi quanto delle prestazioni. Il concetto di «offerta economicamente più vantaggiosa» va precisato, in modo da designare l'offerta che presenta sì il miglior rapporto qualità-prezzo, ma che tenga anche conto degli obiettivi dettati dalla sostenibilità.

La nuova LAPub – questo è anche il desiderio della Commissione dell'economia e dei tributi del Consiglio nazionale (CET-N) – deve includere, tra i criteri d'aggiudicazione, la plausibilità dell'offerta. Le offerte troppo basse e non realistiche vanno esaminate nel dettaglio. In questo modo le autorità responsabili dell'aggiudicazione avranno a disposizione uno strumento efficace per procedere contro le offerte a basso costo.

Sono poi state mostrate ai quindici parlamentari alcune immagini del pittoresco paese di Oberiberg, immagini che illustrano bene come, con la recente costruzione dell'edificio scolastico locale, si sia deliberatamente aggirata la legislazione sugli acquisti pubblici, aggiudicando i mandati di progetto di massima, costruzione e realizzazione, con risultati deplorevoli sia dal punto di vista del diritto procedurale sia sul piano concettuale.

Un dato di fatto che concerne anche l'aumento esponenziale di costruzioni al di fuori delle zone edificabili, dove si assiste a un vero e proprio boom di imponenti e massicci edifici a scopo agricolo. Si tratta spesso di hangar sproporzionati, costruzioni standard senza alcun legame con il luogo o fuori misura rispetto alle fattorie tradizionali. Qui vige un principio chiave: più gli edifici sono grandi e visibili, tanto più accurata dovrà essere la loro progettazione.

Obbligo di smantellamento in caso di mancato utilizzo

Il relatore ha poi approfondito i principali requisiti di cui la revisione della legge sulla pianificazione del territorio deve tener conto. Nei fuori zona e nelle aree agricole vanno diminuiti gli edifici ingombranti e poco estetici, così come le relative infrastrutture (strade di accesso ecc.).

Bisogna migliorare sensibilmente la qualità, nel rispetto della cultura della costruzione. Va anche considerato più attentamente il modo in cui tali costruzioni e impianti, sorti al di fuori delle zone edificabili, si inseriscono nel paesaggio.

È necessario un concetto di tutela del paesaggio lungimirante, in grado di tenere conto dei cambiamenti che interessano l'agricoltura. Per la SIA è imperativo avvalersi della consulenza tecnica dei professionisti del ramo, una prerogativa che deve costituire parte integrante della vigente procedura per il rilascio delle licenze edilizie. Le licenze vanno conferite solo a tempo limitato e con obbligo di smantellamento in caso di mancato utilizzo.

Ariane Widmer Pham, membro del Comitato SIA, forte di una pluriennale esperienza acquisita in veste di direttrice di un ufficio incaricato dello sviluppo territoriale di otto Comuni nei pressi di

2 Ariane Widmer Pham (Losanna), urbanista e membro del Comitato SIA. Foto Philipp Zinniker

Losanna, ha mostrato di quali aspetti sia necessario tenere conto e quali siano le procedure possibili.

Focus sul paesaggio

Oggi per costruire nel paesaggio è necessario avvalersi dell'assistenza tecnica fornita dai professionisti del settore.

Partendo da alcuni esempi raccolti nell'ambito della propria attività in veste di membro della commissione urbanistica della Città di Berna, Ariane Widmer Pham ha illustrato il ventaglio di possibilità esistenti: consulenza, assistenza lavori da parte di un gruppo di specialisti incaricato di ponderare gli interessi, perizie, valutazioni da parte di membri giurati, mandati di studio paralleli e pianificazioni di prova. In conclusione, la Widmer Pham ha fatto riferimento alla Dichiarazione di Davos. La SIA si vede fortemente impegnata nell'ancorare il patrimonio culturale architettonico e paesaggistico tra i principali obiettivi della LPT. Maria Lezzi, direttrice dell'Ufficio federale dello sviluppo territoriale, ha aggiunto qualche precisazione sulla tabella di marcia. Nell'autunno del 2018 sarà messo in consultazione il messaggio concernente la revisione della legge federale sugli acquisti pubblici (2a fase).

Nella successiva discussione i parlamentari hanno approvato a gran voce l'impegno profuso dalla SIA a tutela della qualità nella costruzione. È tuttavia emersa anche qualche voce contraria. Il consigliere nazionale Daniel Fässler (AR) ha argomentato che nella campagna appenzellese gli insediamenti sparsi fanno parte della tradizione e costituiscono parte integrante del patrimonio culturale, un aspetto di cui bisogna tenere conto anche in futuro. Tuttavia Fässler auspica anch'egli un costruire di maggior livello qualitativo.

Markus Hausammann, consigliere nazionale turgoviese, membro del comitato dell'Unione svizzera dei contadini, ha contestato il fatto che i contadini costruiscano deliberatamente edifici orripilanti a detrimento del paesaggio, ribadendo che nel quotidiano spesso costi e funzionalità hanno la precedenza sull'estetica. A ogni modo gli agricoltori sono certamente disposti a parlarne a quattr'occhi e a farsi consigliare, purché gli architetti tengano conto delle loro esigenze. L'obiettivo è insomma che vi sia un valore aggiunto per tutti. Ed è su queste parole di consenso che i partecipanti hanno dichiarata conclusa la colazione parlamentare. I rappresentanti SIA hanno fatto tesoro di quanto scaturito dall'incontro e si preparano ora a intavolare un dialogo con l'Unione dei contadini per elaborare un'offerta di consulenza destinata al mondo agricolo.

Gettare un ponte verso gli altri gruppi professionali

Mike Siering
Responsabile Comunicazione SIA
mike.siering@sia.ch

Marco Waldhauser, nuovo presidente BGT, spiega le sfide della digitalizzazione, il cambiamento dei profili professionali e l'importanza del lavoro di squadra.

Da quest'anno sei presidente del gruppo professionale Tecnica (BGT). Che cosa ti ha spinto a dire sì a questa nuova mansione?
Marco Waldhauser: La mia decisione è frutto delle esperienze maturate finora. Cinque anni fa sono entrato a far parte del Comitato della SITC, una delle associazioni di specialisti SIA. Per due anni ho lavorato in veste di presidente e già allora mi sono adoperato per consolidare il ramo della tecnica impiantistica, soprattutto per quanto concerne la percezione che si ha dall'esterno di questa disciplina. Mi sono impegnato anche nella promozione delle giovani leve e nel consolidare la collaborazione con gli architetti. Ora, in seno al BGT, voglio continuare a portare avanti questi temi.

Il ramo della tecnica impiantistica continua a vivere un vero e proprio boom; in molti ambiti inoltre svolge ruolo di precursore, soprattutto per quanto riguarda il tema BIM. Come mai?
Nel settore il lavoro non manca. Già in passato le giovani leve erano poche, adesso la situazione si è ulteriormente inasprita, perché la progettazione si è fatta più complessa e i requisiti energetici sono aumentati. Tali condizioni ci hanno portato alla ricerca di nuove strade che ci permettessero di diventare più efficienti: è così che abbiamo scorto velocemente i vantaggi che i nuovi metodi di progettazione potevano offrire.

Com'è la situazione per gli architetti? Se il BIM è in grado di portare effettivamente un valore aggiunto alle parti coinvolte allora dovremmo tutti percorrere questa stessa strada?
All'inizio la maggior parte degli architetti era scettica. Mi sono però reso conto che da un anno o due a questa parte il tema ha cominciato a farsi largo. È vero, tra gli architetti questo passaggio ha richiesto più tempo, ma ora la digitalizzazione ha fatto il suo ingresso anche negli studi di progettazione.

A proposito del BIM, ho l'impressione che per diversi progettisti non sia ancora chiaro in che misura i nuovi metodi possano avere un impatto sulla professione.
Sì, lo so, ma io lo ripeto sempre agli architetti: avete un'enorme opportunità che dovete cogliere al volo. Negli ambiti della progettazione, in cui il digitale ha fatto passi da gigante, il ruolo dell'architetto è evidentemente passato in secondo piano. Proprio per questo, se non vogliono essere tagliati fuori, gli architetti devono partecipare attivamente e contribuire a dare forma al processo di digitalizzazione che interessa la Svizzera.

Il ruolo dell'architetto come *primus inter pares* è forse messo in dubbio?
Sì, lo è, tuttavia il rafforzamento dello spirito di squadra è benvenuto e non è in contraddizione con la pretesa che l'architetto ha di avere in mano le redini del gioco, nel ruolo di generalista. Un team ha bisogno di una conduzione chiara, di un capitano.

La crescente tecnicizzazione degli edifici è oggetto di critiche da parte degli architetti. Proprio per questo lo scorso anno il BGT, in collaborazione con il gruppo professionale Architettura BGA, ha sollevato nella cornice della giornata di studio «Low-tec/No-tec» la seguente domanda: tutta questa tecnica è davvero necessaria?

1 Marco Waldhauser, nuovo presidente del gruppo professionale Tecnica (BGT). Foto Stefan Waldhauser

In veste di ingegnere in tecnica impiantistica sono fermamente convinto che in tanti edifici abbiamo effettivamente esagerato con la tecnicizzazione, senza apportare alcun vantaggio né a noi né all'utenza. La tecnologia va mantenuta il più possibilmente semplice e usata nel modo più intelligente possibile. Purtroppo questa idea si pone leggermente in contraddizione con i nostri attuali RPO che prevedono che gli onorari siano calcolati in base al costo dell'opera. Dal mero punto di vista della retribuzione, costruire con poca tecnica non appare dunque molto attrattivo. Ecco dunque imporsi un ripensamento degli RPO. A questo proposito, in veste di presidente della commissione SIA 108, ho il compito di trovare nuove vie. Si potrebbe, per esempio, onorare il raggiungimento degli obiettivi invece di gratificare un alto grado di tecnicizzazione.

Tu sei un imprenditore. Sul mercato del lavoro si trovano sufficienti esperti qualificati?
Non voglio lamentarmi sempre della penuria di giovani leve, ma una cosa è certa: trovare personale qualificato non è cosa facile nel nostro settore. È importante formare i giovani, da noi abbiamo sempre dai cinque ai sei apprendisti.

Anche la professione del disegnatore è destinata a cambiare?
Sì, è così. I giovani padroneggiano subito i metodi digitali e non vogliono più lavorare in altro modo. Per questo dobbiamo investire nella loro formazione.

Secondo te quali grandi sfide dovrà affrontare la tecnica impiantistica nei prossimi cinque anni?
La digitalizzazione continuerà certamente a occupare le nostre giornate. Si tratta di una trasformazione che richiede molto impegno da parte degli studi di progettazione, soprattutto all'inizio, il che non è semplice da gestire, in particolare per gli studi di piccole dimensioni. Inoltre, anche per tutti coloro che hanno già implementato con successo i nuovi metodi, si aggiungeranno altri requisiti da parte dei committenti, dell'utenza o dei progettisti. Nei prossimi tempi tuttavia non mi attendo grandi salti in avanti sotto il profilo tecnico o energetico. Abbiamo già raggiunto un livello elevato, ora si tratta di occuparsi delle rifiniture.

Quali sono i temi prioritari che tratterai con il BGT nei prossimi uno o due anni?
Uno dei punti chiave sarà il rafforzamento dell'immagine del settore tecnico. Desideriamo porci degli obiettivi chiari e poi vedere se abbiamo tutte le carte per raggiungerli. Abbiamo la fortuna di avere in seno al BGT valide associazioni di specialisti con cui lavoreremo fianco a fianco. Voglio anche gettare un ponte verso gli altri gruppi professionali. È un aspetto che mi sta molto a cuore.

Sei appena stato eletto presidente della commissione SIA 108 e sei anche membro della commissione 142/143. Per quale motivo per te è importante impegnarsi in questo ambito?
Buone procedure di aggiudicazione e onorari equi rappresentano la base fondamentale del nostro lavoro. È già da diverso tempo che faccio parte della SIA 108. Collaborando in questa commissione è possibile partecipare direttamente all'elaborazione dei nostri strumenti di lavoro. In occasione dell'ultima revisione, per me uno degli obiettivi prioritari era di integrare la coordinazione specialistica. In futuro la SIA 108 sarà organizzata in modo da permettere a noi ingegneri impiantisti di dispiegare tutte le nostre forze per affrontare le sfide che verranno. È in seno alla commissione SIA 142/143 che, in fase di concorso, si prendono le decisioni più importanti sugli aspetti energetici. In riferimento alla scelta del progetto vincitore tuttavia la tecnica impiantistica riveste un ruolo secondario. Bisogna esserne consapevoli, comunque ci tengo a che i tecnici impiantisti siano maggiormente coinvolti nelle fasi di concorso, sia per quanto concerne l'elaborazione, ma anche in veste di specialisti e membri della giuria. Ma a questo riguardo c'è ancora un po' di strada da fare.

Il tuo predecessore in questa carica è stato Jobst Willers che per 12 anni ha forgiato il lavoro del BGT. Vuoi dirci due parole su Willers?
Nei cinque, sei anni, in cui ero membro del consiglio del gruppo professionale ho molto apprezzato il suo spirito collegiale. Willers è un uomo in grado di rendere possibili le cose. Una delle sue più grandi doti è proprio quella di realizzare in modo semplice e pragmatico i progetti che gli vengono sottoposti.

Nuove norme in italiano

A cavallo tra il 2017 e il 2018, sono state pubblicate in italiano diverse norme SIA. All'inizio del 2018, sotto la competenza della commissione SIA 244/246/248, sono uscite tre norme tecniche: la SIA 244:2016 *Opere in pietra artificiale – Rivestimenti ed elementi su misura*; la SIA 246:2016 *Opere in pietra naturale – Rivestimenti ed elementi su misura* e la SIA 248:2016 *Opere da piastrellista – Rivestimenti in ceramica, vetro e asfalto*. Anche la norma SIA 266 concernente le opere murarie, sottoposta a una profonda revisione nel 2015, da ottobre 2017 è edita con il titolo *Costruzioni in muratura* (SIA 266:2015). Gli urbanisti e i pianificatori territoriali che operano in Ticino saranno inoltre lieti di sapere che dalla fine del 2017 è disponibile in italiano anche il quaderno tecnico SIA 2050 *Sviluppo territoriale sostenibile – Pianificazione comunale e regionale* (Complementi alla norma SIA 111). Inoltre, con la pubblicazione della SIA 125:2017, da inizio anno è uscita anche una norma contrattuale del settore della progettazione, dal titolo: *Variazioni dei prezzi per le prestazioni di appaltatore generale e totale*. Da gennaio è andata alle stampe un'altra norma importante che concerne i tribunali arbitrali: la SIA 150:2018 *Disposizioni relative alla procedura davanti a un tribunale arbitrale*.

Info
Tutte le norme possono essere ordinate online, in formato elettronico o cartaceo, presso lo SIA-Shop: http://shop.sia.ch
Per qualsiasi domanda contattare: shop@sia.ch

Più autostrade, meno colonne?

Thomas Müller
Arch. dipl. PFZ/SIA, Comunicazione SIA
thomas.mueller@sia.ch

Sulle autostrade del nostro Paese le colonne si allungano sempre più. Il Consiglio federale prevede di investire circa 13,5 milioni di franchi per ampliare la capacità delle strade nazionali, una misura che tuttavia da sola non basta. Aumentare le autostrade è davvero la soluzione per ridurre le colonne?

1 Aumentare e ampliare le strade può risolvere il problema imbottigliamenti? Thomas Müller ha qualche dubbio che sia davvero questa la ricetta magica. Foto Shutterstock

Le colonne che intasano le strade nazionali ci costano attualmente circa 800 mio. di franchi. La forte paralisi, che ha colpito in questi ultimi dieci anni le nostre autostrade, facendo crescere da 10'000 a 24'000 le ore di coda annue, ci costa cara. Il prezzo è troppo elevato anche per il Consiglio federale che ha deciso di investire circa 13,5 milioni di franchi nell'ampliamento delle strade nazionali, con l'obiettivo di decongestionare la rete entro il 2030. Lo ha comunicato la consigliera federale Doris Leuthard alla metà di gennaio.

L'iniziativa di ampliare la rete autostradale, lanciata dal Governo svizzero, è assolutamente benvenuta e potrebbe appianare il problema imbottigliamenti, per lo meno nei punti nevralgici. Tuttavia, e lo dimostrano le esperienze raccolte finora, dalla messa in servizio del primo tratto autostradale nel 1955, e soprattutto se si volge lo sguardo agli ultimi 25 anni, un intervento di questo tipo non servirà a sgravare il traffico sul lungo periodo. Dal 1990 al 2016 la rete delle strade nazionali è stata ampliata del 23%, passando da 1495 a 1840 km. Nello stesso lasso di tempo, sia la popolazione sia il grado di motorizzazione è cresciuto del 25%, inoltre la distanza giornaliera media percorsa in auto pro capite è aumentata dell'11%. Di conseguenza è raddoppiato il traffico autostradale, con ore di colonna ben dodici volte maggiori. In altre parole, ampliare la rete viaria per porre rimedio alla congestione del traffico è un po' come cercare di svuotare con un cucchiaino una barca a remi che si sta riempiendo d'acqua, a causa di una falla grande come un pugno. Se la paralisi del traffico, e i costi che ne derivano, ci disturbano davvero e se vogliamo fare qualcosa di concreto, la strategia dell'ampliamento va unita a misure efficaci.

Sviluppo centripeto

Innanzitutto dobbiamo imparare ad avvicinarci, pianificando uno sviluppo centripeto degli insediamenti all'interno del tessuto urbano esistente. Parallelamente bisognerà certamente ampliare il sistema dei trasporti pubblici, come è stato fatto con i programmi di agglomerato, per i quali il Consiglio federale ha già chiesto 1,1 milioni di franchi. Anche il progetto *Cargo sous terrain* (CST), per il quale gli iniziatori hanno appena messo a disposizione i primi 100 milioni di franchi necessari per dare il via alla fase di progettazione, potrebbe contribuire all'assorbimento del traffico, sempre che il progetto trovi realizzazione. L'Ufficio federale delle strade prevede che il sistema di trasporto sotterraneo delle merci, mediante veicoli teleguidati, potrebbe ridurre di circa il 10% il traffico pesante sulle nostre autostrade. La cosa più giusta da fare sarebbe tuttavia applicare un supplemento fiscale di quattro centesimi sugli oli minerali, come deciso dal Parlamento nel 2016. Tale misura, tanto opportuna quanto poco apprezzata, permetterebbe di ridurre il traffico, perché farebbe aumentare il prezzo di benzina e diesel, non solo dal 2024, come proposto dal Consiglio federale, bensì da subito.

Droni per il trasporto viaggiatori?

C'è un altro strumento che potrebbe contribuire all'assorbimento del traffico: le auto e i camion a guida autonoma. Se potremo circolare con i nostri veicoli soltanto sulle strade nazionali, e se tali veicoli saranno in grado di spostarsi da soli, l'efficienza delle autostrade ne risulterà aumentata. Potremo così lasciarci trasportare da auto e camion sulla A1 da Zurigo a Ginevra, osservando distanze di sicurezza inferiori, ma con meno incidenti. Ma forse, se ci proiettiamo ancora più nel futuro, non saremo neanche più al volante. Già dal 2016, l'impresa cinese EHang sta infatti testando la possibilità di utilizzare i droni per trasportare i viaggiatori. In breve tempo, si pensa di poter impiegare tali apparecchi per il trasporto su breve distanza e, a medio termine, anche su lunga distanza. Ciò potrebbe alleggerire di molto il traffico stradale e, se si aggiungono i veicoli a guida autonoma, in modo forse così marcato da spingerci a riflettere bene, e una volta di più, sulla nostra strategia di ampliamento.

Meno preoccupazioni per i lavoratori indipendenti.

L'assicurazione per imprenditori della Suva tutela i lavoratori indipendenti dalle conseguenze economiche di eventuali infortuni sul lavoro, malattie professionali o infortuni nel tempo libero. Tra l'altro, la copertura assicurativa può essere estesa anche ai familiari che lavorano nell'azienda senza percepire uno stipendio soggetto ai contributi AVS. Per maggiori informazioni visitate il sito www.suva.ch/imprenditori.

suva

Il rispetto della proprietà intellettuale

Daniele Graber
Consulente giuridico OTIA

Il tema è di attualità, viste le segnalazioni pervenute al servizio giuridico di OTIA. Ritengo quindi utile affrontarlo per ricordare il sistema legale e gli aspetti deontologici alla base del rispetto della proprietà intellettuale degli architetti e degli ingegneri.

Il sistema legale

La proprietà intellettuale concerne i brevetti, il design, i marchi e i diritti d'autore. La loro protezione è regolata da specifiche leggi federali. Le invenzioni nuove utilizzabili industrialmente sono legalmente protette dalla legge federale sui brevetti d'invenzioni. Un design nuovo e originale può essere protetto, se non ancora accessibile al pubblico prima del suo deposito, dalla legge federale sulla protezione del design. La protezione di un marchio nasce con la sua registrazione, giusta la legge federale sulla protezione dei marchi. È il caso ad esempio per la scritta OTIA che ha ottenuto la protezione legale il 20 maggio 2014. I diritti d'autore nascono automaticamente, senza nessuna registrazione e sono regolati dalla legge federale sui diritti d'autore (LDA).

I diritti d'autore degli architetti e degli ingegneri

Viste le specificità dell'attività di un progettista, ci concentriamo sui diritti d'autore, in particolare degli architetti. Per gli ingegneri, la giurisprudenza e la dottrina ritengono raramente adempiute le condizioni che permettono di considerare una loro creazione protetta dalla LDA, venendo a mancare il carattere originale e individuale, essendo la loro attività dettata in buona parte da aspetti imposti, ad esempio dalla tecnica.

I diritti d'autore si compongo di più diritti, segnatamente i diritti personali, inalienabili, e i diritti patrimoniali, composti dal diritto di utilizzare l'opera protetta, di modificarla o di trasferirla a terzi.

Nella pratica, il primo ostacolo alla protezione consiste nel riuscire a dimostrare che la propria opera è un'opera protetta, ai sensi dell'art. 2 LDA. Non è sempre facile, in particolare se non è particolarmente originale e non ha un evidente carattere individuale.

Senza l'accordo dell'autore, in caso di rescissione di contratto, la LDA non consente al committente di utilizzare i piani dell'architetto autore. La LDA è meno severa in caso di opere architettoniche, le quali possono essere modificate, a determinate condizioni, dal suo proprietario (art. 12 cpv. 2 LDA in relazione con l'art. 11 cpv. 2 LDA).

Il sistema dei Regolamenti SIA è diverso rispetto alle regole della LDA, consentendo al committente di utilizzare i risultati del lavoro del mandatario per lo scopo convenuto, a condizione di aver pagato l'onorario all'architetto per le prestazioni effettuate, ad esempio fino al momento della rescissione del contratto. Non entro nel merito di clausole contrattuali che si leggono in certi contratti di importanti committenti istituzionali, che sono esageratamente unilaterali, rivelandosi sovente controproducenti per il committente medesimo.

Per quanto riguarda i diritti d'autore che nascono con l'elaborazione di un progetto durante la partecipazione a un concorso di progetto per gruppo mandatario, essi sono di regola detenuti in comproprietà tra i coautori, ossia tra i progettisti che hanno effettivamente partecipato in modo significativo alla creazione del progetto. La SIA ha elaborato un documento contrattuale specifico alla fase di concorso che regola pure i diritti d'autore tra i membri del gruppo mandatario.

L'indennizzo dei diritti d'autore

Con il pagamento dell'onorario, il committente non acquisisce automaticamente i diritti d'autore del progettista. Essi non sono parte integrate dell'onorario. In questo contesto, a oggi l'idea di legare l'ottenimento di prestazioni d'architettura o d'ingegneria al versamento di una licenza relativa ai diritti d'autore, come è il caso per il settore della musica o dei programmi informatici, non ha trovato concretizzazione nei Regolamenti SIA o in una legge. Per la cessione di diritti d'autore, ad esempio il diritto di modificare i piani o di trasferirli a terzi, l'autore ha il diritto di chiedere il versamento di un indennizzo. Nella pratica risulta difficile fissare l'entità dell'indennizzo. Non esistono scale o tabelle in merito, nemmeno giurisprudenze o dottrina che permettono di definire in modo semplice e chiaro il calcolo dell'indennizzo. Un valore ragionevole si situa tra il 10% e il 30% dell'onorario per il 100% delle prestazioni fissate dai regolamenti SIA.

L'utilizzazione dei piani

Sovente, nella pratica i piani di un architetto vengono consegnati ai vari attori presenti in cantiere senza porsi la domanda dei diritti d'autore. L'artigiano che riceve determinati piani ottiene unicamente il diritto di utilizzarli per adempiere ai suoi doveri contrattuali relativi allo specifico progetto. Non ha sicuramente il diritto, senza l'esplicito accordo del suo autore, di utilizzare i piani per realizzare una costruzione simile su un altro terreno.

Analoga conclusione per il committente che ottiene i piani dal suo autore per realizzare il relativo progetto. Di principio, egli ha unicamente il diritto di realizzare personalmente l'opera in questione, senza modificare i piani o trasferirli a terzi, ad esempio a un investitore o a un'impresa totale o generale che prenderebbe il posto dell'architetto autore dei piani originari.

Le pubblicazioni sulle homepages

Non di rado si scopre la pubblicazione di piani o immagini di architetti sui siti di ingegneri e specialisti o addirittura di persone che svolgono la funzione di sostegno al committente. Tali pubblicazioni si riferiscono a opere non progettate da loro o solo in minima parte (p. es. unicamente gli impianti di riscaldamento, ventilazione o elettrici). Anche in questi casi siamo in presenza di un uso illecito, contrario alla LDA.

La deontologia professionale

Indipendentemente dagli aspetti legali (LDA) o contrattuali legati ai diritti d'autore, il tema è regolato pure dal Codice deontologico OTIA. Secondo l'art. 6 cpv. 10, nei rapporti con il committente, gli ingegneri e gli architetti devono renderlo attento se una modifica progettuale da lui auspicata rischia di ledere i diritti d'autore altrui. Nei rapporti con i colleghi, ad esempio per quanto riguarda la ripresa di mandati, gli ingegneri e gli architetti sono tenuti a rispettare i diritti dei colleghi in materia di proprietà intellettuale, in particolare i loro diritti d'autore (art. 8 cpv. 9). In merito alle pubblicazioni di fotografie sulle homepages, il titolare del sito deve almeno indicare il nome del progettista dell'edificio. Per i piani o altre immagini, l'accordo dell'autore è indispensabile. Anche nel caso di interventi in qualità di sostegno al committente, il rispetto dei diritti d'autore dei colleghi architetti e ingegneri è d'obbligo, ad esempio durante la fase di concorso e di esecuzione del contratto.

I migliori prodotti primeggiano grazie all'assistenza.

Perché sviluppiamo app, teniamo convegni e abbiamo lanciato il «Campus Aschwanden»? Perché in questo modo, costruiamo un ponte fra le vostre esigenze e le nostre conoscenze.

Aschwanden

www.aschwanden.com

Maggiori prestazioni. Maggior valore.

Indipendenza energetica assicurata

Paul Knüsel

Residenze energeticamente autosufficienti a Brütten ZH

Ai margini del quartiere Hofacher di Brütten sorge un edificio plurifamiliare che non dipende né dalla rete elettrica pubblica né da altri combustibili. I residenti conducono una vita autarchica sotto il profilo energetico grazie a un impianto fotovoltaico integrato nell'edificio, con sonde geotermiche e innovative soluzioni di accumulo. In ottobre l'opera è stata insignita del Norman Foster Solar Award.

1

Questo edificio non ha fini di investimento o speculazione: si tratta di un progetto dimostrativo che combina i più moderni componenti della tecnologia solare con un sistema intelligente di approvvigionamento, accumulo e regolazione. Una pompa di calore combinata a sonde geotermiche assicura l'energia per il riscaldamento e l'acqua calda. Essa utilizza esclusivamente energia prodotta dall'edificio: sul tetto, grazie a brillanti celle solari monocristalline (512 mq, 79.54 kWp) e sulle facciate, mediante celle opache a film sottile (485 mq, 46.95 kWp). La resa fotovoltaica soddisfa il fabbisogno annuo di elettricità di nove nuclei familiari.

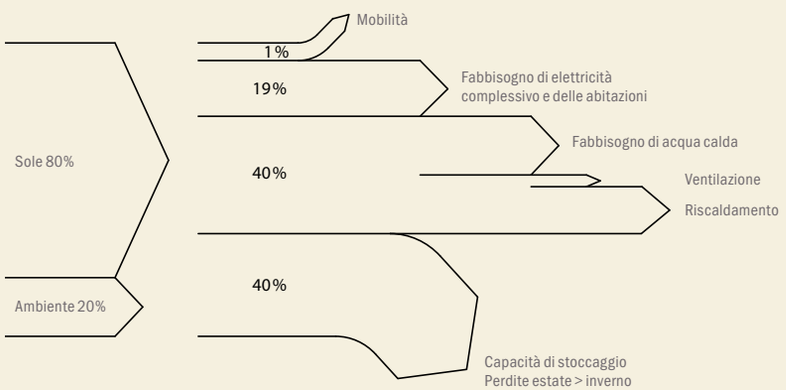
L'accumulo è organizzato a cascata in funzione della domanda: le batterie al litio-ferro-fosfato sono in grado di sopperire alla produzione elettrica fino a tre giorni. Due serbatoi d'acqua fungono da accumulatori termici stagionali nel caso di surplus energetico e sono collegati con l'impianto dell'acqua calda sanitaria ad alta temperatura e con l'impianto di riscaldamento a bassa temperatura. Un accumulatore «power to gas» costituisce la riserva di sicurezza: in presenza di un surplus di energia elettrica, tramite elettrolisi un serbatoio viene riempito di idrogeno. Una cella a combustibile trasforma chimicamente il contenuto in acqua, calore e corrente.

Potenza ottimizzata

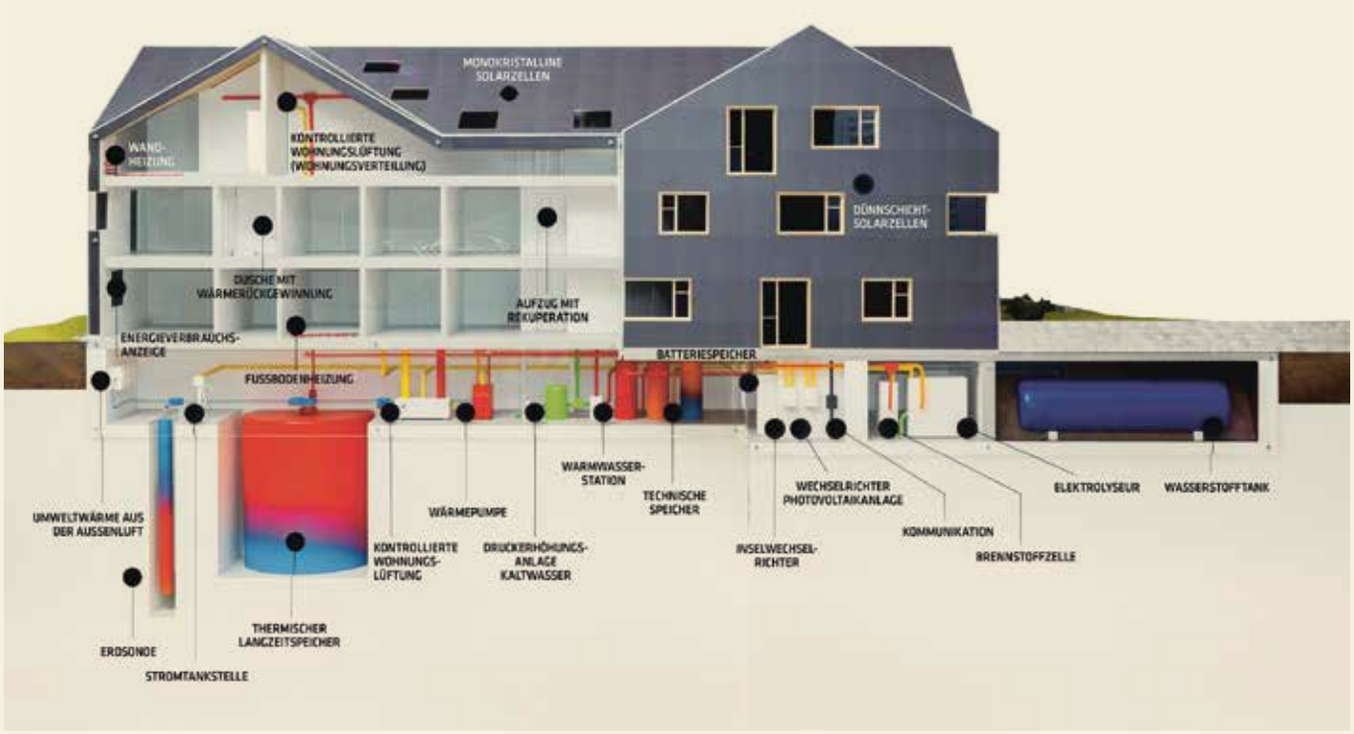
L'impianto fotovoltaico è dimensionato nell'ottica di una potenza elevata e di un bilanciamento stagionale. Sono state adottate soluzioni specifiche per ottimizzare la geometria e la retroventilazione dei moduli a film sottile, così come per la progettazione dei circuiti elettrici e per il collegamento degli inverter. A livello teorico, la resa ottenuta in 40 giornate estive sarebbe sufficiente per il fabbisogno energetico annuo dei nuclei familiari. I moduli fotovoltaici micromorfi installati sulla facciata assicurano una resa energetica relativamente elevata anche in inverno, indipendentemente dal loro orientamento, anche quando il sole è basso o con luce diffusa.

Interfacce simulate definite

Un approvvigionamento energetico autarchico richiede sistemi affidabili e alcuni componenti ridondanti. A livello programmatico l'obiettivo è di definire con precisione le interfacce fra produzione e consumo. Nonostante la compattezza dell'edificio, la superficie è sufficiente per la produzione di energia, mentre l'elevata densità abitativa è combinata con picchi di consumo moderati. Sono stati simulati diversi flussi di carico e modalità di funzionamento: produzione, accumulo e impiantistica sono regolati in maniera intelligente. Il sistema di gestione considera anche i dati atmosferici effettivi. I consumi – elettrodomestici, impianto di aerazione e altri apparecchi – nonché l'edificio stesso sono orientati alla massima efficienza energetica. I locatari sono stati selezionati con un concorso pubblico sulla sostenibilità. I consumi energetici sono oggetto di confronto tra inquilini nonché argomento di un progetto di ricerca.



2



3

4

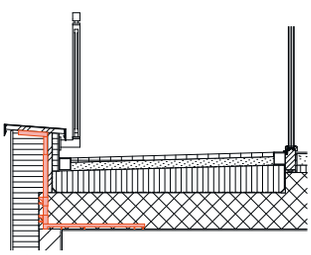
1 Facciata con logge e vani delle finestre: l'involucro edilizio non fornisce solo energia fotovoltaica, ma è interessante anche dal profilo architettonico
2 Diagramma dei flussi energetici
3 Schema degli impianti
4 A prima vista la facciata opaca color antracite potrebbe ingannare: non si tratta di semplici pannelli di vetro, ma di moduli fotovoltaici

Foto e schema Umwelt Arena

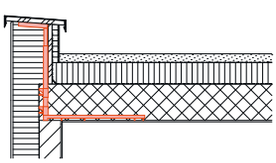
Committenza: Umwelt Arena, Spreitenbach **Ignegneria civile** Tantanini & Partner, Bülach **Architettura:** René Schmid Architekten, Zurigo **Impresa generale:** W. Schmid, Glattbrugg **Ingegneria RVCS** Basler & Hofmann, Zurigo **Coordinamento:** Pro-Energie, Projekt- und Energiemanagement, Sirnach **Date:** 2015–2016

Clementine van Rooden et al.
Schweizer Ingenieurbaukunst. L'art des ingénieurs suisses. Opere di ingegneria svizzera 2015/2016
Espazium – Edizioni per la cultura della costruzione, Zurigo 2016
Per ordinare il libro: buch@espazium.ch

Coperture di tetti piatti e di terrazze realizzate con il sistema UNI-Fix.



schizzo: copertura per terrazza



schizzo: copertura per tetti piatti

Sistema UNI-Fix

Supporto per copertura di tetti piatti e terrazze

Il sistema UNI-Fix, sviluppato da ALBANESE®, offre ad ‘architetti la soluzione semplice e stabile per le coperture dei bordi di tetti piatti e le coperture di terrazzi. Oltre a consentire un netto risparmio di tempo, soddisfa tutti i maggiori requisiti in fatto di estetica e tecnica d’isolamento.

ALBANESE®
Baumaterialien

ALBANESE® Baumaterialien AG
Maienriedweg 1a
8408 Winterthur
T. 052 213 86 41 • F. 052 213 73 59 • info@albanese.ch • www.albanese.ch

Libri

Mercedes Daguerre

Giulio Barazzetta, a cura di
Pier Luigi Nervi. Il modello come strumento di progetto e costruzione
Quodlibet, Macerata 2017

«Le ricerche sui modelli (...) hanno un'importanza didattica e scientifica che non sarà mai sufficientemente valutata. Nessuna dimostrazione teorica può infatti chiarire il funzionamento statico di una struttura, quanto il seguire i risultati di una ricerca sperimentale, e d'altra parte nessun procedimento può essere altrettanto efficace per controllare l'esattezza delle nostre deduzioni teoriche».

È proprio questa affermazione di Pier Luigi Nervi, riportata nel catalogo dell'omonima mostra realizzata al Politecnico di Milano, che evidenzia l'interesse delle indagini compiute in seno all'ateneo milanese (DABC, LPM, Scuola AUIC), insieme con le scuole di Architettura e Ingegneria dell'Università di Bologna e dell'Università degli Studi di Roma «Tor Vergata», sull'uso del modello come strumento di rappresentazione dell'architettura nell'opera di Nervi. Collocandosi nel campo degli studi sugli strumenti e le tecniche di progettazione e costruzione, il tema ha permesso una rilettura innovativa dei rapporti fra ingegneria e architettura, illustrando lo stretto legame tra queste due discipline nello sviluppo concreto del progetto.

I diversi contributi del volume sono articolati in tre sezioni secondo la sede accademica di riferimento. A Milano è stata avviata una riflessione sulle esperienze condotte da Nervi dal 1935 – insieme con Arturo Danusso e Guido Oberti presso il Laboratorio di Prove Modelli e Costruzioni del Politecnico lombardo – sui modelli delle aviorimesse che hanno aperto la strada alla sperimentazione strutturale successiva, mettendole a confronto con gli odierni strumenti progettuali di verifica (e quindi riproducendo i modelli delle aviorimesse di 1ª e 2ª serie di Orvieto e Orbetello sia come modelli fisici che numerici). A Bologna – città dove Nervi compie i suoi studi universitari e le prime esperienze professionali –, partendo dalla sezione ed effettuando l'analisi delle parti e del sistema di montaggio, sono stati studiati e prodotti i modelli degli stadi di calcio e degli edifici sportivi per comprendere il sistema strutturale in tutta la sua complessità.

I ricercatori di Roma invece hanno focalizzato la loro attenzione sul *Sistema Nervi* (risultato della combinazione della prefabbricazione strutturale a piè d'opera e il ferrocemento) e sul Palagioco, esaminando soprattutto la sua capacità di invenzione di nuovi procedimenti costruttivi nelle opere della maturità.

Indagare l'iter complessivo, dalla concezione dell'idea alla costruzione dell'edificio, individuando tramite la modellistica i diversi passaggi di sperimentazione in questi tre momenti della carriera di Nervi, mette in luce il suo approccio progettuale indirizzato a superare le difficoltà di esecuzione ottimizzando il risultato finale del suo metodo di prefabbricazione strutturale in cemento armato. In questo modo si approfondisce un capitolo significativo della stagione d'oro dell'ingegneria italiana che ha trovato nelle più note opere di Nervi – diventate vere e proprie icone del boom economico italiano – una propria centralità e rappresentazione.

Come rileva il curatore, queste ricerche risultano oggi particolarmente significative in quanto le questioni affrontate riguardano «le tecniche convenzionali del progetto di architettura e una sua possibile cartografia che si vede sorgere nelle tecniche contemporanee di modellazione informatica della costruzione». Il libro, infatti, testimonia e spiega l'esperienza di Nervi come un'esplorazione esemplare dei metodi di modellazione concepiti essenzialmente come una «teoria della prassi» che si iscrive nel progetto e avanza nuovi interrogativi riguardo le potenzialità del *modello* nel campo delle attuali tecniche digitali di replica della realtà «da costruirsi, costruibile e costruita».

Servizio ai lettori
Avete la possibilità di ordinare i libri recensiti all'indirizzo libri@rivista-archi.ch (Buchstämpfli, Berna), indicando il titolo dell'opera, il vostro nome e cognome, l'indirizzo di fatturazione e quello di consegna. Riceverete quanto richiesto entro 3/5 giorni lavorativi con la fattura e la cedola di versamento. Buchstämpfli fattura un importo forfettario di Fr. 8.50 per invio + imballaggio.

Annalisa Trentin,
Tomaso Trombetti
Architettura e costruzione
La declinazione strutturale da Gustave Eiffel a OMA
Quodlibet, Macerata 2016

Roberto Gargiani,
Alberto Bologna
The Rhetoric of Pier Luigi Nervi
EPFL Press, Lausanne 2016

Tullia Iori, Sergio Poretti,
a cura di
SIXXI. Storia dell'ingegneria strutturale in Italia
Gangemi editore, Roma
SIXXI 1 (2014), SIXXI 2 (2015),
SIXXI3 (2015), SIXXI 4 (2017)

Aa. Vv.
La concezione strutturale
Ingegneria e architettura in Italia negli anni cinquanta e sessanta
Allemandi & C., Torino

Stazione di ricerca Agroscope

Viscardi Zocchetti

Il centro Agroscope è ubicato nel piano di Magadino e si occupa di ricerca agronomica in Svizzera.

L'edificio esistente, con i suoi annessi, non assicurava più il rispetto delle prescrizioni organizzative e infrastrutturali di un moderno istituto di ricerca. La sostanza edilizia, le infrastrutture e le attrezzature di servizio erano obsolete e necessitavano di considerevoli interventi di risanamento globale o di sostituzione.

Dopo aver analizzato diverse varianti di risanamento che comportavano la costruzione di una sede provvisoria per garantire le attività del centro durante i lavori si è deciso di costruire un nuovo edificio che soddisfa le esigenze degli utenti e che rispetta gli standard energetici molto elevati della confederazione.

Di conseguenza è stata costruita la nuova sede accanto a quella esistente e una volta terminati i lavori gli utenti hanno traslocato e l'edificio esistente è stato demolito.

Architettura

Il progetto è composto da un edificio principale in legno e da uno stabile di servizio in ferro e vetro che si integra alle tre serre esistenti e che delimita lo spazio antistante l'edificio principale.

L'edificio in legno è costituito da un volume compatto e regolare ad eccezione di una zona arretrata che definisce l'accesso principale e di un elemento frangisole in aggetto al piano primo che caratterizza la facciata sud.

Al suo interno ospita le attvità amminsitrative e di ricerca del centro Agroscope ed è organizzato su due livelli. Al piano terra si trova un atrio d'entrata, la ricezione, una sala per seminari, i laboratori e i locali di cernita dei prodotti agricoli. Al primo piano sono ubicati due grandi open space, due piccoli uffici, una sala riunioni e i locali di servizio agli uffici.

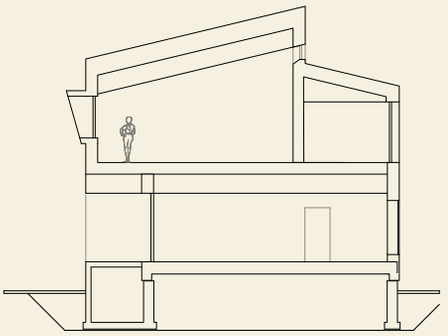
Il tetto in pendenza ha permesso di creare due lunghi sopraluce orientati a nord che permettono un buon apporto di luce naturale ai locali.

La costruzione è stata eseguita interamente in legno e ha ottenuto la certificazione Minergie P-ECO e Minergie A-ECO. Sulla copertura dell'edificio è stato installato un impianto fotovoltaico di mq 300 ed è riscaldato tramite termopompa acqua-acqua che preleva il calore dall'acqua di falda.

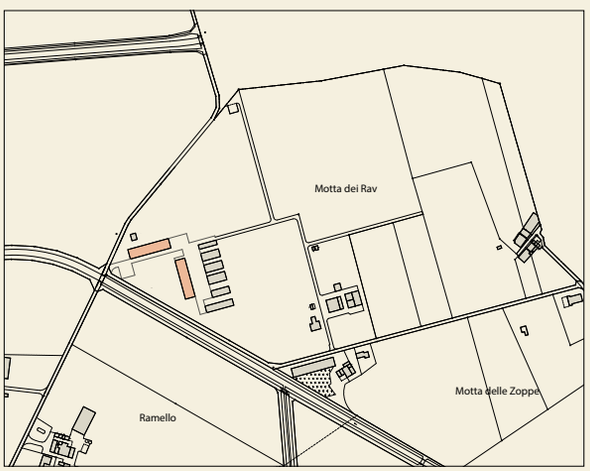
Lo stabile di servizio è stato concepito con la tipologia costruttiva della serre e al suo interno si trovano locali di supporto alla ricerca svolta nel centro.

Il comparto di Cadenazzo non è allacciato alla canalizzazione comunale, per tanto per la depurazione delle acque scure è stato realizzato un impianto di fitodepurazione.

Testo Luca Viscardi



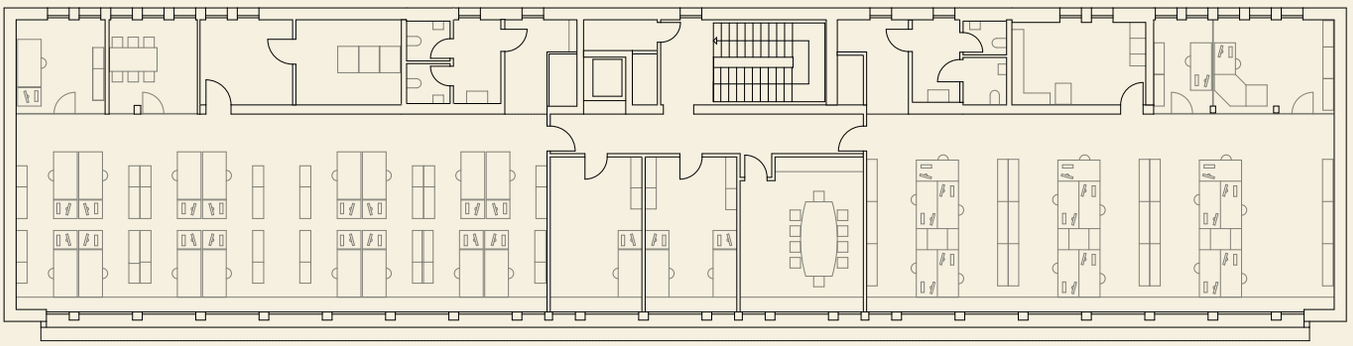
1



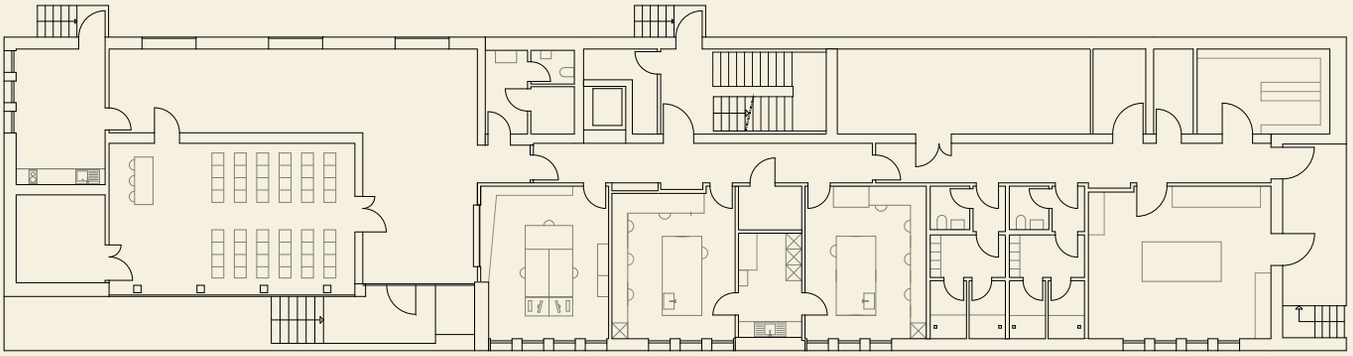
Luogo: Cadenazzo, via al Ramél 18 **Committenza:** Ufficio federale delle costruzioni e della logistica UFCL, Lugano **Utenza:** Agroscope, Cadenazzo **Architettura:** Viscardi Zocchetti SA, Lugano **Collaboratori:** L. Viscardi, P. Menotti **Ingegneria civile:** Borlini & Zanini SA, Pambio Noranco **Progetto impianti CVCRS:** Visani Rusconi Talleri SA, Taverne **Progetto impianti elettrici:** Scherler SA, Lugano-Breganzona **Fisica della costruzione, acustica:** IFEC Ingegneria SA, Rivera **Specialisti fuoco:** CISPI Sagl, Paradiso **Fotovoltaico:** SUPSI, Canobbio **Fitodepurazione:** Oikos 2000, Monte Carasso **Fotografie:** Roberto Mucchiut, Collina d'Oro **Fotorender:** Diego Varan **Impresa:** Reali Costruzioni SA, Osogna **Date di realizzazione:** 2014-2016 **Pianificazione energetica:** IFEC ingegneria SA, Rivera **Certificazione – Standard energetico:** Minergie TI-004-A-ECO e Minergie TI-002-P-ECO (dati riferiti a standard Minergie A-ECO) **Intervento e tipo edificio:** Costruzione nuova - stabile amministrativo **Ae:** 1066 mq **Fattore di forma (Ath/Ae):** 2,12 **Riscaldamento:** 100% pompa di calore acqua/acqua di falda **Acqua calda:** 81,8% pompa di calore aria/acqua; 18,2% elettrico **Elettricità:** 359 mq pannelli fotovoltaici, 51 kWp, 50 MWh/a **Requisito primario involucro dell'edificio:** 23,2 kWh/mqa (limite Minergie-A 42,2 kWh/mq anno) **Indice Energetico Complessivo (da certificazione):** -9,2 kWh/mqa **Energia grigia:** 49,3 kWh/mqa (limite Minergie-A 50 kWh/mqa) **Particolarità:** Ventilazione con recupero di calore ad alta efficienza a flussi incrociati (amministrativo) e rotativo (sala seminari). Emissione di calore mediante corpi riscaldanti, batterie monoblocchi di ventilazione e ventilconvettori, emissione del freddo mediante fan coil e batteria monoblocchi di ventilazione. Illuminazione interna ed esterna a LED con rilevatori di presenza (PIR) e sensori di illuminamento.

1 Sezione trasversale
2 Pianta primo piano
3 Pianta piano terra

Disegni Viscardi Zocchetti SA



2



3

Analisi di una struttura XLAM

Dr. ing. Andrea Bernasconi

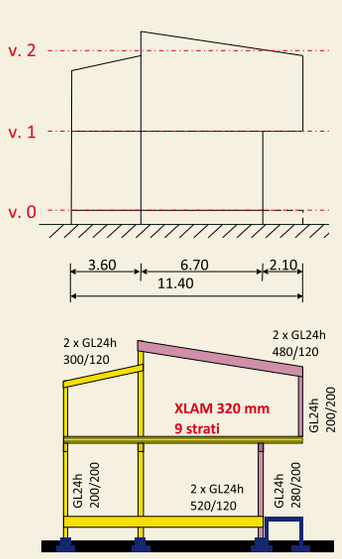
Gli spazi del piano superiore sopra la parte a sbalzo sono occupati da grandi superfici aperte. Ciò rende impossibile inserire elementi strutturali in continuità dal pianterreno fino alla copertura. Serve quindi una soluzione per lo sbalzo di circa 2 metri che deve sostenere i carichi della copertura e degli uffici del piano superiore dell'edificio. Questo elemento portante a sbalzo è dato dalla soletta fra il pianterreno e il piano superiore, che è realizzata con un elemento XLAM / CLT di 320 mm di spessore, per una luce strutturale di 6.70 m e uno sbalzo su un alto di 2.10 m.

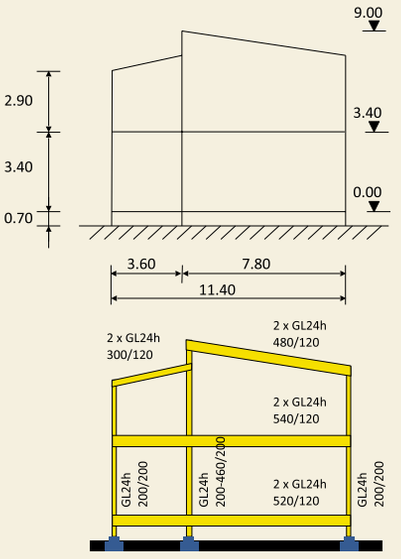
La soletta massiccia permette di sostenere il piano superiore e la copertura, utilizzando come altezza strutturale il medesimo spessore necessario nella parte restante dell'edificio, dove una struttura a telaio sostiene una luce strutturale di 7.80 m.

La discesa dei carichi indiretta tramite la soletta a sbalzo di questo tipo può essere considerata, in generale, come delicata e da ponderare accuratamente. La struttura deve avere una rigidezza sufficiente per evitare deformazioni troppo grandi e per garantire il confort d'uso tanto all'intero che all'esterno dell'edificio. Queste considerazioni valgono in modo generale e anche per strutture simili realizzate in calcestruzzo. Grazie alle prestazioni della struttura in XLAM si è potuto applicare questa soluzione anche alla struttura in legno, senza dover aumentare le dimensioni degli elementi strutturali e senza chiedere compromessi o concessioni al progetto originale.

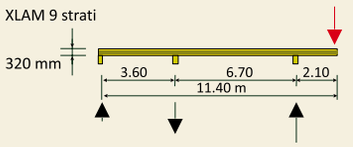
Telai 1-10
- pilastri continui su tutta l'altezza dell'edificio
- travi orizzontali continue con sezione doppia liv. 0, 2
- soletta intermedia in XLAM con t = 320 mm

Telai 10a-22
- pilastri continui su tutta l'altezza dell'edificio
- travi orizzontali continue con sezione doppia
- collegamento con spinotti ø16 mm
- ancoraggi alle fondazioni con spinotti ø 7 mm

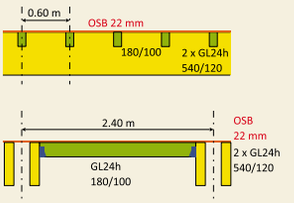




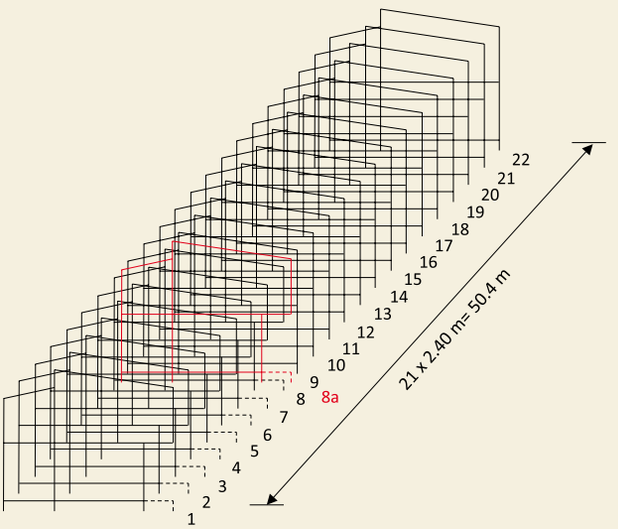
Soletta XAM per formare lo sbalzo a sostegno del tetto



Struttura e costruzione dei solai



Disposizione dei telai



Disegni Borlini & Zanini SA

ALSOLIS
IMPIANTI FOTOVOLTAICI
L'ENERGIA CHE RISPETTA IL TUO FUTURO
SISTEMA DI GESTIONE
ACCUMULO
sistema
gestione
Alsolis SA Via Penate 4 - CH 6850 Mendrisio
091 640 90 80 - info@alsolis.ch - www.alsolis.ch

espazium

Der Verlag für Baukultur
Les éditions pour la culture du bâti
Edizioni per la cultura della costruzione

Ingegnere e ingegneri svizzeri sotto le luci della ribalta

Riservate le vostre copie a prezzi vantaggiosi!
buch@espazium.ch

Schweizer Ingenieurbaukunst
L'art des ingénieurs suisses
Opere di ingegneria svizzera – 2017/2018
Versione trilingue: tedesco/francese/italiano; 128 pagine

Prezzo scontato per le preordinazioni
(da ora fino all'8 novembre 2018)
Ordini da 1 a 19 copie: 47.– CHF
Ordini da 20 a 49 copie: 45.– CHF
Ordini superiori a 50 copie: 40.– CHF

Prezzo al dettaglio dall'8 novembre 2018: 49.– CHF

Stampa soggetta al numero delle preordinazioni:
The Swiss Art of Engineering 2017/2018
Versione in lingua inglese, 80 pagine

Prezzo scontato per le preordinazioni
(da ora fino all'8 novembre 2018)
Ordini da 1 a 19 copie: 42.– CHF
Ordini da 20 a 49 copie: 40.– CHF
Ordini superiori a 50 copie: 36.– CHF

Prezzo al dettaglio dall'8 novembre 2018: 44.– CHF

sia usic

Concorsi

La nuova sezione di espazium.ch dedicata ai concorsi di architettura

Cedric van der Poel, Nathalie Cajacob
co-responsabili editoriali espazium.ch

Convinto del ruolo primigenio della cultura del concorso nella qualità dell'architettura svizzera, *espazium.ch* – il portale web dell'omonimo editore Espazium, edizioni per la cultura della costruzione – ripensa la sua sezione dedicata ai concorsi e offre ai professionisti del settore un nuovo strumento gratuito.

Sin dal suo lancio nel 2015, *espazium.ch* ha prestato particolare attenzione ai concorsi di architettura e ingegneria e ai loro esiti, offrendo ai professionisti del settore una visione dettagliata, seppur non esaustiva, delle gare organizzate negli ultimi anni. Tenuto conto del successo di tale pratica, e guidato altresì dall'idea che i concorsi siano un bene pubblico responsabile della qualità dell'architettura in Svizzera, l'editore Espazium e la direzione di *espazium.ch* hanno deciso di investire nel miglioramento di uno strumento molto utile e ampliare, quindi, la propria offerta.

Strumento e archivio

Realizzata dall'agenzia di comunicazione zurighese Station AG, la nuova sezione concorsi *www.competitions.espazium.ch* ha due scopi principali:

Essere uno strumento gratuito al servizio dei professionisti

La sezione raccoglie i bandi e gli esiti di tutte le gare di architettura e ingegneria indette in Svizzera. Gli enti banditori e gli organizzatori dei concorsi possono inoltre segnalare nuovi bandi inviando una mail a competitions@espazium.ch e mettere così a disposizione degli interessati la documentazione utile.

Inoltre *espazium.ch* diffonderà tutti i risultati delle valutazioni emesse dalla SIA — partner del progetto — e dai vari osservatori dei mercati pubblici regionali, partecipando in tal modo alla valutazione qualitativa dei concorsi in Svizzera.

Essere un database di informazione per professionisti e cittadini

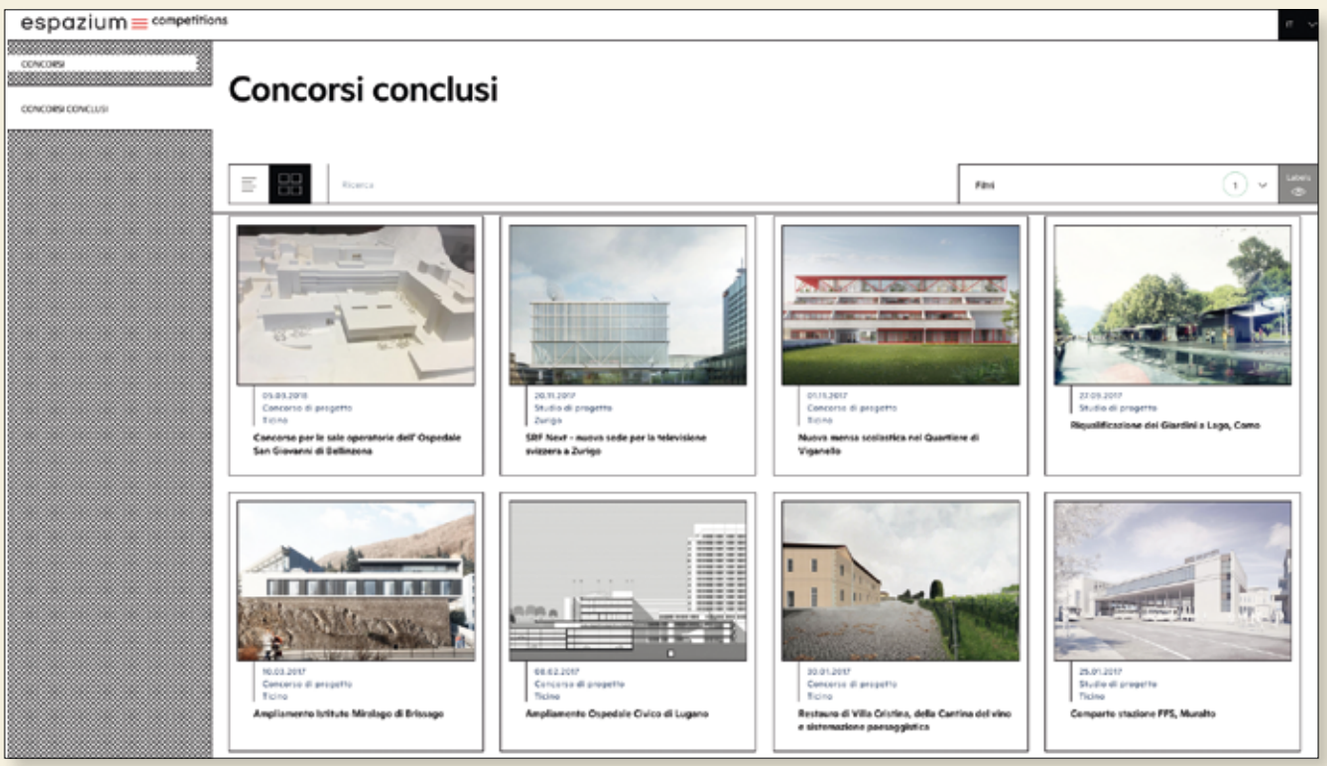
Grazie a un sistema di navigazione performante basato sulla selezione di diversi filtri, ogni utente sarà in grado di restare aggiornato sui bandi di concorso, e sui relativi risultati, della propria regione di interesse. Offrendo i rapporti delle giurie, un breve riassunto delle valutazioni, i render e selezioni di piante, sezioni e prospetti di tutti i progetti vincitori, *espazium.ch* diventa anche una preziosa fonte di riferimento e ispirazione per architetti, ingegneri, paesaggisti, urbanisti e studenti. Al momento del suo lancio questo archivio del futuro patrimonio del costruito presenta già i risultati di oltre 300 concorsi e mandati di studio in parallelo.

L'area *www.competitions.espazium.ch* è stata creata tenendo conto del riscontro di un panel professionale di utenti ed è stata pensata come un'architettura incrementale. Lanciata oggi nella sua versione più semplice e diretta, *www.competitions.espazium.ch* si evolverà nel tempo in base alle esigenze degli utenti e agli sviluppi tecnologici e istituzionali di espazium.ch.

Inviateci i vostri bandi e i risultati dei concorsi a competitions@espazium.ch .

Traduzione di Valeria Crescenzi

La nuova sezione di espazium.ch dedicata ai concorsi di architettura
competitions.espazium.ch



1 Schermata della nuova sezione concorsi del portale espazium.ch

archi
3 2018

Archi rivista svizzera di architettura, ingegneria e urbanistica
Fondata nel 1998, esce sei volte all'anno.
ISSN 1422-5417
tiratura REMP diffusa: 2925 copie,
di cui 2769 vendute
via Cantonale 15, 6900 Lugano
tel. +41 91 921 44 55
redazione@rivista-archi.ch
www.espazium.ch

Direzione
Mercedes Daguerre MD
Coordinamento editoriale
Stefano Milan SM
Assistente al coordinamento
Teresa Volponi TV
Redazione
Debora Bonanomi DB
Andrea Casiraghi ANC
Laura Ceriolo LC
Gabriele Neri GN
Manuel Lüscher ML
Andrea Pedrazzini AP
Andrea Roscetti AR
Graziella Zannone Milan GZM
Redazione Expromo
Federica Botta FB
Redazione online
Valeria Crescenzi VC

Redazione comunicati SIA
Frank Peter Jäger, frank.jäger@sia.ch
Impaginazione
Silvana Alliata
Traduzioni italiano-tedesco
Dorothea Deschermeier
Correzione bozze
Fabio Cani
Corrispondenti
Andrea Bassi, Ginevra
Francesco Collotti, Milano
Jacques Gubler, Basilea
Ruggero Tropeano, Zurigo
Daniel Walser, Coira
Consiglio editoriale
Tonatiuh Ambrosetti, fotografo, Losanna
Nicola Baserga, arch. ETHZ, Muralto
Jacqueline Burkhardt, storica dell'architettura, Zurigo
Marco Della Torre, arch. POLIMI, Milano-Como
Franco Gervasoni, ing. ETH, Bellinzona
Nicola Nembrini, ing. STS, Locarno
Nathalie Rossetti, arch. ETHZ, Zollikon
Armando Ruinelli, arch., Soglio
Nicola Soldini, storico dell'architettura, Novazzano
Editore
espazium – Edizioni per la cultura della costruzione
Zweierstrasse 100, 8003 Zurigo
tel. 044 380 21 55, fax 044 380 21 57
Martin Heller, presidente
Katharina Schober, direttrice
Hedi Knöpfel, assistente

Abbonamenti e arretrati
Stämpfli Publikationen AG, Berna
tel. 031 300 62 57, fax 031 300 63 90
abbonamenti@staempfli.com
Abbonamento annuale (6 numeri)
Svizzera Fr. 135.– / Estero Fr. 140.–,
Euro 119.50, Studenti Svizzera Fr. 67.50
Numeri singoli 24.–
Abbonamenti soci SIA: SIA, Zurigo
tel. 044 283 15 15, fax 044 283 15 16
rettifiche@sia.ch
Organo ufficiale
SIA Società svizzera ingegneri e architetti, www.sia.ch
OTIA Ordine ticinese ingegneri e architetti, www.otia.ch
Associazioni garanti
SIA Società svizzera ingegneri e architetti
www.sia.ch
FAS Federazione architetti svizzeri
www.architekten-bsa.ch
USIC Unione svizzera ingegneri consulenti
www.usic-engineers.ch
Fondation Acube, www.epflalumni.ch/fr/prets-dhonneur
ETH Alumni, www.alumni.ethz.ch
Stampa e rilegatura
Stämpfli Publikationen AG, Berna
Pubblicità
Fachmedien, Zürichsee Werbe AG
Seestrasse 86, 8712 Stäfa
tel. +41 44 928 56 11, fax +41 44 928 56 00
www.fachmedien.ch, info@fachmedien.ch

La riproduzione, anche parziale, di immagini e testi, è possibile solo con l'autorizzazione scritta dell'editore e con la citazione della fonte.

espazium
Der Verlag für Baukultur
Les éditions pour la culture du bâti
Edizioni per la cultura della costruzione