

Turres - Short monographs

TULLIA IORI

Raccontare le strutture

TVUP TOR VERGATA
UNIVERSITY PRESS

STRUTTURE

1

A Sergio

TULLIA IORI

Raccontare le strutture

T|V|U|P TOR VERGATA
UNIVERSITY PRESS

La ricerca SIXXI - XX Century Structural Engineering: the Italian Contribution
è stata finanziata da un ERC Advanced Grant, 2011 (ID: 295550; Contributo EU:
Eur 987.270; Host Institution: Università di Roma Tor Vergata)

In copertina: Cupola prefabbricata per l'anello Adone dei laboratori CNEN
(oggi INFN-LNF) di Frascati , progettisti Carlo Cestelli Guidi, Antonino
Giuffrè, 1966
Foto di Sergio Poretti, Archivio SIXXI

La versione digitale dell'opera è disponibile in modalità Open Access sul
sito web tvupress.uniroma2.it, secondo i termini della licenza internazionale
Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0).

Opera soggetta a *double-blind peer review*

DOI: 10.35948/TVUP/979-12-82347-03-7

ISBN 979-12-82347-03-7

Copyright © 2025 Tullia Iori

Copyright © 2025 Tor Vergata University Press

Università degli Studi di Roma Tor Vergata

Via Cracovia, 50 - 00133 Roma

tvupress.uniroma2.it

Realizzazione editoriale di Edimill Srl | www.edimill.it

Indice

1.	Esperienze di disseminazione	7
2.	Alfredo Cottrau	13
3.	Il ponte sul Firth of Forth	27
4.	Il Gazometro di Roma	43
5.	Il bombardamento dei ponti sul Po	59
6.	Ferdinando Innocenti	75
7.	Le puntate di Wikiradio sulla Scuola italiana di Ingegneria	89
	Bibliografia di riferimento	93

1. Esperienze di disseminazione

Quando nel maggio 2009 abbiamo presentato, con Sergio Poretti, la *proposal* della ricerca *SIXXI – Storia dell’Ingegneria strutturale del XX secolo in Italia*, alla *call* dello European Research Council per un Advanced Grant, che poi avremmo vinto a dicembre 2011 (dopo una trepidante lista di attesa finita male e un secondo tentativo con eliminazione alla seconda fase), per la prima volta ci siamo confrontati con la richiesta di disseminazione che l’Europa considerava obbligatoria.

In botanica, disseminare significa spandere semi – con l’aiuto per esempio del vento – in un’area estesa, più lontano possibile dalla pianta che li produce, con abbondanza, sperando che alcuni, una selezione, trovino terreno fertile e diano vita a nuove piante autonome. Nella ricerca scientifica, significa divulgare i risultati di un progetto – finanziato da fondi pubblici e quindi dalle tasse dei cittadini – non solo agli interessati, all’accademia, agli studenti di specifici corsi di laurea ma a un pubblico il più ampio possibile, per accrescere le conoscenze di tutti, aggiornare la società civile sulle nuove scoperte ed eventualmente stimolare altri ricercatori su nuovi modi di fare ricerca potenzialmente scalabili e quindi utili. Quando abbiamo compilato il paragrafo specifico del formato di *proposal*, non avevamo capito molto: pensavamo che

partecipare a convegni scientifici fosse già disseminazione: lo avremmo fatto un po' più spesso, pensavamo, vincendo la nostra pigrizia.

Per il primo periodo, presi dalla gestione del progetto milionario, effettivamente non abbiamo fatto molto altro che acquistare strumenti, selezionare candidati, costruire data-base, riempire time-sheet e partecipare a qualche congresso. Poi però abbiamo dovuto compilare il primo report scientifico, e alla voce disseminazione i campi da compilare erano esigenti e specifici: quanti eventi avete organizzato? Quante persone hanno partecipato? Qual era l'età media dei partecipanti? Quante donne rispetto agli uomini? Quanti stakeholder siete riusciti a coinvolgere? Quali strumenti avete usato per pubblicizzare l'evento? Chiaramente l'evento che si aspettava il revisore non era il classico contributo al convegno scientifico. Abbiamo dovuto cambiare approccio alla questione e cominciato a dare conferenze pubbliche, in cui eravamo i soli relatori, ospitate in luoghi non solo accademici, fuori dalle aule universitarie: in musei, fiere dell'edilizia e dell'innovazione, meeting di professionisti (architetti, ingegneri, costruttori), festival dell'architettura, biennali di tecnologia, premi, chiese: l'ultima insieme è stata in un autogrill sulla A14, durante una sorta di flash mob organizzato da un gruppo di architetti locali. E poi non più solo conferenze ma anche esposizioni nei musei e online; a questo si sono aggiunti in seguito trasmissioni radiofoniche, televisive e podcast, anche molto oltre la fine del progetto e quindi la necessità di compilazione dei report.

Con molta curiosità, alla fine del 2016, abbiamo accolto l'invito di Loredana Rotundo di collaborare al suo programma *Wikiradio*, in onda su Rai Radio Tre dalle 14:00 alle 14:30, avviato a ottobre 2011. Mi sono accorta in quel frangente – e il passaggio al singolare è legato alla scomparsa di Sergio Poretti nel 2017, che non mi ha potuto accompagnare in

questo ultimo percorso – di avere una predisposizione naturale per la disseminazione con sola voce.

Chi è il pubblico di un programma radiofonico in quell’orario, su quel canale? Che ascolta con la stessa curiosità mezz’ore di racconti sempre diversi: vite di registi, scrittori, artisti, cantanti, atleti, personaggi pubblici di vario tipo oppure storie di libri, film, musiche, opere o narrazioni su eventi storici, scoperte scientifiche e molto altro? Che probabilmente è in automobile, alla guida, ma che apprezza il privilegio di una narrazione da parte di un vero esperto della materia? Anche se esistono dati di rilevamento, è difficile disegnare un identikit preciso. All’ascoltatore in diretta si aggiungono gli appassionati che recuperano le puntate nella piattaforma di streaming di RaiRadioPlay e prima ancora nel sito, attivo e frequentato in largo anticipo rispetto alla rivoluzione dei podcast.

Pubblico articolato, dunque, di cui non si possono vedere gli sbadigli e a cui non si possono mostrare fotografie o disegni, che invece scorrono ininterrotti durante le mie lezioni in classe. Nonostante questo, ho provato lo stesso a farlo innamorare della Scuola italiana di Ingegneria, il cuore della ricerca *S/XXI*, attraverso molte storie: dalla vicenda della costruzione rapidissima degli 800 chilometri dell’Autostrada del Sole fino all’invenzione della diga a gravità alleggerita da parte di Claudio Marcello, dal ponte del Risorgimento a Roma a quello più bello del mondo sul Basento a Potenza di Sergio Musmeci. In tutto una ventina di puntate, per ora.

Tenendo fede a una sola regola, più importante di quelle relative alle vere e proprie tecniche di comunicazione: nessun compiacimento per un linguaggio indecifrabile da parte del pubblico degli ascoltatori, digiuno sull’argomento, e invece impegno e scrittura lenta per metterlo nelle condizioni di capire davvero quanto sto raccontando. Gli esperti e i colleghi, se sono curiosi delle mie ricerche, sapranno come trovare i miei articoli sulle riviste scientifiche

di classe A; ma chi ascolta casualmente questa mezz'ora inattesa deve rimanere con l'idea che l'ingegneria civile sia facile da capire e che i ponti, le cupole, le dighe siano opere bellissime. Questo senza banalizzare gli aspetti tecnici: lo scopo è proprio far capire argomenti che sono percepiti come troppo difficili, vincendo la resistenza all'ascolto e alla comprensione che per certe materie nasce generalmente sui banchi di scuola.

Gli argomenti delle puntate sono stati contrattati a lungo con Rotundo, anche perché il gancio della puntata (questo almeno fino al gennaio 2024, quando è stato stabilito un altro format¹) doveva essere una data: la trasmissione andava in onda il giorno in cui ricorreva la data di nascita di un ingegnere, di fondazione di una impresa, di inaugurazione di un'opera, del suo collaudo o della posa della prima pietra: abbiamo inventato diversi espedienti per riuscire a collocare la puntata anche se magari la data più significativa capitava di sabato o domenica, quando la trasmissione tace.

Fondamentali le altre voci che si inseriscono nel racconto, tratte da programmi storici presenti negli archivi RAI (cercati con passione e che mi hanno fatto ascoltare per la prima volta la voce di Arturo Danusso o quella di Silvano Zorzi) o riletture di testi affidati alla bella voce di Claudio De Pasqualis.

Sergio ha assistito alla preparazione e registrazione solo delle prime due puntate, nella sala di via Asiago 10 da cui il generale Pietro Badoglio ha annunciato l'armistizio l'8 settembre 1943. Poi le altre le ho registrate tristemente da sola senza più la possibilità di leggere in anticipo l'efficacia della narrazione sul suo viso incapace di infingimenti. Al-

¹ Dal 16 gennaio 2024 il titolo del programma è diventato *Wikiradio. Le voci della storia*. Nella nuova versione, si privilegiano 5 categorie: il lunedì è riservato ai discorsi, il martedì alle immagini fotografiche, il mercoledì agli influencer nella storia, il giovedì ai carteggi, il venerdì ai luoghi. Le due puntate che ho preparato per la nuova serie sono entrambe sulla categoria *Luoghi*.

cune puntate le ho registrate a casa, mentre eravamo chiusi per la pandemia di Covid19: con la testa nascosta sotto un piumone per «asciugare» la voce dai rimbalzi del suono ma senza la preziosa assistenza di Roberta Vespa che in studio mi seguiva dall'altra parte del vetro.

È stata utile questa disseminazione? Colleziono i commenti che mi arrivano dopo le puntate, sulla mail o su whatsapp per chi mi conosce personalmente, e sono sempre stupita della curiosità che suscitano questi argomenti, soprattutto in persone con formazione lontanissima dai temi affrontati (anche se i commenti più sinceri sono del tipo «ho capito tutto ma non ti saprei ripetere»): per fortuna che non interrogo dopo...). Le mie statistiche personali sono comunque insignificanti rispetto al numero di ascoltatori: sono certa però che questa avventura è stata utile a me e alla mia didattica frontale. Le mie lezioni sono state molto influenzate dall'esperienza radiofonica, anche se naturalmente in aula si aggiungono le immagini e il linguaggio del corpo. Ho certamente imparato a stimolare negli studenti la concentrazione all'ascolto e alla comprensione più che all'assillo di prendere appunti, a descrivere attentamente anche quando ci sono foto di supporto perché non sempre è tutto così facile da vedere, a distribuire le pause e i momenti aneddotici rispetto ai concetti più complicati, a usare la voce in tutta la sua espressività, a tenere viva la concentrazione dell'intera classe, senza perdere nessuno che magari rinuncia a capire il resto della spiegazione solo perché gli è sfuggito un concetto precedente e non ha il coraggio di farselo ripetere. La mia didattica è molto migliorata insomma, almeno nella mia percezione e quindi ho continuato ad esercitarmi con altre esperienze.

Nella primavera 2025, per esempio, è stato distribuito sulle piattaforme audio più diffuse un nuovo podcast che ho scritto e realizzato per Chora Media, per iniziativa di Federbeton e della rivista «L'industria italiana del cemento»

che dirigo. Il podcast si intitola *Grigio Forte*² d è dedicato alla storia del cemento e in particolare a cinque opere iconiche, una per ogni puntata, realizzate in Italia con questo materiale. La missione è ancora più difficile vista l'ostilità che la società civile riserva al cemento, che invece è un materiale naturale e a km 0, ma che viene impropriamente associato alla cosiddetta «cementificazione», quindi al generico consumo di suolo che nulla ha a che vedere con lo specifico materiale. Nonostante questa problematica aggiuntiva, non sono poche le persone comuni che mi hanno detto di essersi «innamorate» del cemento dopo aver sentito le puntate e che mi dicono: «ora guardo le strutture con occhi diversi!». Che poi è esattamente quello che voleva ottenere il valutatore Erc della ricerca S/XXI!

² Le puntate scritte e raccontate nel podcast *Grigio Forte* (marzo-aprile 2025) sono state: *La cupola del palazzetto è un puzzle* (Palazzetto dello sport, Roma, Pier Luigi Nervi); *Se la torre è un'icona ma non piace a tutti* (Torre Velasca, Milano, Bbpr); *Il ponte dalla forma senza nome* (Ponte sul Basento, Potenza, Sergio Musmeci); *Questo museo non è come gli altri* (Museo Maxxi, Roma, Zaha Hadid); *C'è un palazzo che mangia lo smog* (Palazzo Italia, Milano, Nemesi Architects).

2. Alfredo Cottrau

Con decreto reale di approvazione dell'atto costitutivo, firmato a Roma qualche mese prima, il 23 giugno 1873 inizia la vita legale dell'Impresa Industriale Italiana di Costruzioni Metalliche, spesso ricordata con il suo acronimo, difficile da pronunciare, IIICM oppure, quando poi diventa famosa, semplicemente chiamata l'Impresa Industriale. La sede è a Napoli, a Palazzo Fondi, in via Medina.

La società anonima in realtà continua l'esercizio di un opificio fondato già nel giugno del 1870, dalla ditta belga Finet Charles, di Bruxelles, che, appena due anni e mezzo dopo l'avvio dell'attività, cede le azioni a nuovi proprietari: che sono investitori locali e soprattutto grandi banche, ma italiane, tra cui la banca Napoletana e la Banca generale di Roma.

Vanto della società è lo stabilimento a Castellammare di Stabia, il «primo impianto in Italia di un'industria del tutto nuova».

Che fa l'IIICM? Costruzioni metalliche. La costruzione con materiali metallici – prima la ghisa e poi il ferro pudellato, cioè ferro prodotto con speciali forni detti "di pudellaggio" – si è diffusa in Europa già a partire dalla fine del Settecento, ma nei Paesi protagonisti della rivoluzione industriale, l'Inghilterra e poi la Francia. In Italia fino

all'unità la costruzione metallica è praticamente solo di importazione: si costruiscono anche qui ponti o coperture di ferro pudellato e di ghisa, ma in genere i progettisti e le imprese di costruzioni sono straniere e i materiali vengono tutti dall'estero. Il Granduca di Toscana vuole costruire una ferrovia tra Firenze e il mare (anzi due linee ferroviarie, la Leopolda e la Maria Antonia)? Chiama George Stephenson e Isambard Brunel, dall'Inghilterra e gliele affida, una ciascuno; loro progettano, fanno preparare in Inghilterra i ferri per i ponti e per le stazioni e poi portano tutto in Toscana via mare; lo stesso vale per i due ponti sospesi che vengono costruiti sull'Arno a Firenze: si chiama Marc Seguin, il più grande progettista francese di ponti sospesi, e lui predisponde tutto in Francia e poi monta sul posto. Lo stesso fa il Papa con i ponti a Roma; e lo stesso succede in Piemonte.

In Italia d'altro canto ci sono pochissime miniere di ferro e soprattutto non c'è praticamente carbone e, quindi la siderurgia di prima fusione – cioè la produzione di elementi di ferro a partire direttamente dal minerale – non è conveniente: bisognerebbe comprare all'estero sia il minerale feroso sia il carbone, farlo viaggiare fino in Italia, in nave, e poi impiantare un'industria siderurgica sulla penisola: non avrebbe senso, troppo costoso in quegli anni. Conviene di più casomai la siderurgia di seconda fusione: cioè si compra all'estero la ghisa, già prodotta in lingotti, facili da trasportare però comprati in industrie siderurgiche straniere, e in Italia si trasforma la ghisa in ferro pudellato per fare piatti, angolari, fili, barre. Qualcuno prova a fare questo, soprattutto nei porti, dove è più facile far arrivare i materiali: a Genova, per esempio. Oppure, ed è la soluzione su cui decide di investire la nostra Impresa Industriale, si comprano sul mercato estero ferri grezzi e semilavorati (appunto piatti, angolari, barre), poi li si lavora in un opificio in Italia: gli operai, aiutati da grandi macchine a vapore,

scaldano, forgiano, piegano, raddrizzano, sagomano, forano, uniscono, assemblano i pezzi e creano strutture.

Nello specifico, la IIICM, nel suo statuto si ripromette di realizzare grandi coperture (stazioni, gallerie,...) e ponti, di vario tipo: per il traffico stradale, oppure ferroviari, nella speranza che l'Unità e ormai anche la presa di Roma e lo spostamento della Capitale, avvii finalmente un grande piano di investimenti nelle ferrovie che colleghi tutte le parti del Paese. Non sarà proprio così: non ci sarà mai questo auspicato piano di ferrovie disseminate ovunque, ma comunque in quel che si fa in questo settore, l'Impresa Industriale è una protagonista, con poca concorrenza. La società è specializzata, si occupa solo di fare la parte di ferro; nei ponti per esempio, solo la travata: mentre le fondazioni, le pile, le spalle sono fatte da imprese più tradizionali, esperte in lavori murari. Quando è tutto pronto, arriva l'Impresa Industriale e monta la travata metallica, che in questa fase è quasi sempre una travata reticolare.

Questo stabilimento ha una forza motrice di 40-50 cavalli-vapore ed impiega ora in media 200 operai: di questi, 39 sanno leggere e scrivere, 37 sanno fare soltanto la propria firma e 124 sono analfabeti. [...] Di 200 operai è il numero costante; ma talvolta se ne impiegano molti di più. Nel giugno ultimo ne furono impiegati fino a 327 in Castellammare e 160 nei cantieri di montatura.

(Lettura da: A. Betocchi, *Forze produttive della provincia di Napoli*, v. II, Napoli, Stabilimento Tipografico De Angelis, 1874, p. 245).

Il direttore dell'impresa industriale, immagine autorevole dell'Impresa è Alfredo Cottrau o sarebbe forse meglio pronunciarlo Cottrò, per ricordare le sue origini francesi. Il nonno paterno, Giuseppe Guglielmo, sembra essere arrivato a Napoli al seguito di Giuseppe Bonaparte, fratello maggiore di Napoleone, re di Napoli con il titolo di Giuseppe I, tra il 1806 e il 1808; poi sarebbe rimasto sotto il

regno di Gioacchino Murat fino a ottenere la cittadinanza napoletana con il decreto di sanatoria che dichiara cittadini napoletani tutti quelli che hanno almeno un decennio di dimora nel Regno o un matrimonio con una donna napoletana. Della famiglia di Alfredo sappiamo qualcosa, perché ha avuto un ruolo a Napoli. Il padre di Alfredo, Guglielmo, nato a Parigi del 1797 e arrivato a Napoli al seguito della famiglia da ragazzino, appassionato e studioso di musica, si dedicò a trascrivere le melodie popolari tradizionali, arrivando a pubblicare le prime e più importanti raccolte di canzoni napoletane: un repertorio tramandato di generazione in generazione, fino ad allora solo oralmente, che invece il lavoro sapiente di trascrizione da parte di Guglielmo contribuì a valorizzare, a non disperdere e anzi fu tra i motivi della fortuna della canzone napoletana nel primo Ottocento. Le sue composizioni, pubblicate in 6 raccolte dal titolo *Passatempi musicali*, ebbero discreta fama anche all'estero: *Canzoncine raccolte per la prima volta dalla bocca popolare e aggiustate* (arrangiate diremmo oggi) *con accompagnamento di pianoforte*. Una scelta di canzoni fu poi pubblicata da uno dei figli, Teodoro, anche lui musicista, che era subentrato al padre alla direzione della casa editrice musicale Girard cui mutò nome in Stabilimento musicale partenopeo di Cottrau. Teodoro, fratello maggiore di Alfredo, a sua volta è stato autore di famose canzoni napoletane: tra l'altro delle celeberrime *Santa Lucia* e *Addio a Napoli*, veri classici della canzone napoletana.

Sul mare luccica l'astro d'argento; placida è l'onda, prospero il vento.

Venite all'agile barchetta mia. Santa Lucia, Santa Lucia!

(Estratto audio dal brano *Santa Lucia*, cantata da Enrico Caruso).

Alfredo invece non si dedica alla musica. Nasce a Napoli il 26 settembre 1839: sull'evento c'è anche un piccolo aneddoto,

inventato sicuramente, perché non tornano le date, ma che ci da comunque il clima del periodo. Scrive Raffaele De Cesare in *La fine di un Regno* che proprio in quel giorno si era tenuta la cerimonia inaugurale della linea ferroviaria Napoli-Portici, la prima ferrovia realizzata in Italia ad opera dell'ingegnere francese Bayard de la Vingtrie: tronco molto breve, circa 7 chilometri, parte di un tracciato più lungo destinato negli anni a raggiungere Nocera. L'inaugurazione era stata una cerimonia sontuosa, cui aveva partecipato il Re, Ferdinando II, tutta la corte, tutti i notabili: e la mamma di Alfredo, Giovanna Cirillo, figlia di un capodivisione del Ministero degli interni, sarebbe stata invitata in una carrozza del treno proprio nel viaggio inaugurale da Napoli a Granatello di Portici: incinta, al ritorno viene presa «dai dolori del parto». Fa giusto in tempo a rientrare a casa e dare alla luce il bambino. L'inaugurazione in realtà è stata qualche giorno dopo il parto, il 3 ottobre, ma poco importa: Alfredo si può dire che nasca con la prima ferrovia in territorio italiano, un destino segnato, il suo.

Alle ore 10 antimeridiane [...] i Signori componenti il Corpo Diplomatico, i Ministri di Sua Maestà il Re, ed i Personaggi che appartengono alla Corte della Maestà Sua si troveranno a Portici, e propriamente alla Villa Carrione. Indi, alla presentazione del biglietto di invito che, per serbare il buon ordine, sarà rimesso a ciascheduno personalmente, verranno introdotti in un sito per essi specialmente destinato, capace di contenere 48 persone. Dovendo i prelodati distinti soggetti far parte del convoglio Reale, avranno un biglietto personale che porterà il numero della vettura che essi dovranno occupare nel predetto convoglio. Le altre persone invitate dovranno giungere alla stessa ora, e verranno introdotte in altro apposito steccato. Il loro numero non oltrepasserà i cento.

(Lettura da: Archivio di Stato di Napoli, fondo Lavori pubblici, F. 248, f. 6).

Il padre muore quando lui ha 8 anni. Sulla sua formazione scolastica, l'unica fonte è lo stesso Cottrau, quando molti

anni dopo, a settembre del 1897 – quando ha ormai 58 anni – raccoglie i suoi titoli per partecipare al concorso per la libera docenza alla Regia Scuola di Applicazione degli Ingegneri di Napoli: tra i titoli si ritrova qualche informazione sbiadita sulla giovinezza. Anche se in molti articoli si definisce, e lo definiscono ingegnere, non ha certamente una formazione universitaria classica da ingegnere: dopo aver frequentato un collegio della marina francese, lui stesso riferisce un addestramento pratico, che gli viene da un semestre trascorso a 18 anni nell'officina meccanica della ditta inglese Guppy Pattison & C., con sede a Napoli, come apprendista e poi come disegnatore; e 2 anni e mezzo presso la società Ernest Goüin & C.I.E, a Parigi con ruolo di progettista. Entrambe sono ditte molto importanti, in cui sicuramente avrà incontrato dei bravi maestri.

Poi si licenzia e a gennaio 1861, quando ormai l'Italia è fatta, sono conclusi i plebisciti ed è stata formalizzata – già il 17 dicembre 1860 – l'annessione delle province di Napoli al Regno d'Italia, Cottrau rientra a Napoli, apparentemente vincendo un concorso per il ruolo di ingegnere aiutante nel Commissariato straordinario delle Ferrovie da Napoli al Mare Adriatico: non si sa bene cosa faccia in questo primo periodo ma già il 4 luglio 1863 viene assunto dalla Società italiana per le ferrovie meridionali, una delle società concessionarie che avrebbero dovuto occuparsi della progettazione, costruzione e gestione delle linee ferroviarie principali dell'Italia unita.

Cottrau sale qui tutti i gradini della carriera: ingegnere aiutante, poi ingegnere di sezione, poi ingegnere ispettore, poi entra nel ruolo organico del personale stabile. Lo stipendio aumenta fino a 5mila lire annue. Alle Meridionali progetta in autonomia opere molto importanti: nel 1868 si può permettere di pubblicare un album, bellissimo, con 36 progetti di ponti metallici, tutti elaborati da lui per

conto della Società. Nella selezione spiccano i maestosi ponti reticolari sulle gravine di S. Stefano, Palagianello e Castellaneta per la linea ferroviaria Bari-Taranto in Puglia, tutti e tre di oltre 50 metri di luce, e il ponte sul Po a Mezzanacorti per la linea Pavia-Voghera, 10 campate da 76 metri di luce, tubolari (cioè il treno passa all'interno di un tubo fatto dall'intreccio di aste). Le pile poggiano su fondazioni ad aria compressa e Cottrau ha progettato anche le camere di lavoro – quelle dove lavorano le «marmotte della sabbia» – che sono anch'esse di ferro). Questo ponte è il secondo ponte stabile che si costruisce sul Po in pianura. Tutti questi progetti, tutti e 36, sono stati realizzati da imprese straniere: francesi o belghe, sempre le stesse per altro, che si dividono tutti gli appalti. Materiali esteri, operai stranieri, ditte straniere ma progetto italiano. Non va bene.

Deve essere per questo che a un certo punto si dimette dalle Meridionali per fondare e dirigere l'opificio di Castellammare: l'idea è provare a togliere lavoro facile a quelle imprese d'oltralpe e cominciare a rendere l'Italia indipendente nella costruzione metallica. Dirigerà l'impresa, di cui possiede una manciata di azioni, dal 27 giugno 1870 all'11 dicembre 1887. In quei 17 anni costruisce 3451 ponti, su e giù per l'Italia, e 290 tra pensiline e tettoie per stazioni: l'elenco è aggiornato continuamente, un curriculum fitto fitto in cui sono infilati qua e la magari mucchi di 100 ponticelli di pochi metri di luce che fanno salire rapidamente la somma ma che sono comunque ponticelli che messi in fila uno dopo l'altro coprirebbero una distanza di quasi 40 km. I ponti sono sempre a travata: Cottrau ha una passione per la trave, e per le coperture sceglie le capriate. Sono ovunque le sue opere, dal profondo nord all'estremo sud. Molti scavalcano i fiumi più importanti con lunghe luci e divengono oggetto di attenzione da parte delle riviste tecniche: i ponti sull'Olona, sull'Adda, sul Tevere al porto di

Ripetta o sul Basento; il gran ponte girevole di Taranto e il ponte a due piani sul Ticino a Sesto Calende; i ponti per la ferrovia Udine-Pontebba e quelli per la Catania-Messina; e poi, il grande salone per la borsa di Bologna, le tettoie per le stazioni di Ancona, Savona, Foggia, il padiglione per il mercato di Cagliari, solo per citare le più importanti: una vera Impresa Industriale Italiana, competitiva su tutto il territorio per la sua posizione centrale, nel cuore nella penisola, a Napoli.

Cottrau ha una capacità pubblicitaria inconsueta in quegli anni: assolda un fotografo, Achille Mauri, che ad un certo punto si fregia del titolo di fotografo Reale, che va sui cantieri, fotografa le opere appena completate facendo mettere in posa gli operai, le locomotive di prova, le contadinelle e i mezzadri che trova sul posto. Ci ha lasciato una documentazione fotografica eccezionale, raccolta in album di lusso, a tirature limitatissime, regali per il re, ma anche in fascicoli più disinvolti ed economici da distribuire alle esibizioni e alle fiere. I cataloghi pubblicitari documentano ponti che oggi sono per la maggior parte scomparsi; ma le foto, popolate di vita reale, trasmettono un aspetto molto particolare: il senso di estraneità di queste opere ferroviarie in un Paese come l'Italia ancora prevalentemente agricolo, in cui il trasporto nei campi è assicurato dal carro tirato dai buoi e in cui i ponti progettati da Cottrau sembrano atterrati come astronavi venute da una realtà industriale che ancora non ci appartiene. La struttura reticolare metallica, indispensabile per la ferrovia e per l'industria, sembra inserita a forza, quasi aliena, negli scorci romantici e bucolici che inquadra Achille Mauri.

Il 21 maggio 1884 Cottrau deposita un'invenzione interessante, per un ponte portatile: cioè un ponte che si può trasportare facilmente, montare in modo rapido e che può temporaneamente assicurare il passaggio di uomini e mezzi.

Utilissimo in tempo di guerra, quando il nemico distrugge i ponti per proteggere la ritirata; utilissimo anche in caso di crollo improvviso di ponti per consentire comunque la comunicazione fra le sponde nei tempi necessari per la ricostruzione. I ponti militari già esistevano, ma adesso è arrivato l'acciaio, i bulloni, si sanno fare meglio i calcoli: è un tema di rinnovato interesse.

Nel 1876 Cottrau lo aveva già affrontato ma con una soluzione di «ponte militare istantaneo» che lui stesso in seguito aveva riconosciuto piena di inconvenienti, che questo nuovo brevetto risolve.

Il ponte portatile di Cottrau è, tra l'altro, incredibilmente simile al ponte inventato intorno al 1940 da Donald Bailey, e utilizzato dall'esercito inglese durante la seconda guerra mondiale nel territorio italiano, i famosi ponti Bailey che hanno fatto vincere la guerra agli alleati.

Si tratta, anche nel caso di Cottrau, di un ponte realizzato assemblando moduli rettangolari, formati da una cornice (larga circa 1,87m e alta 1,3m) e da due diagonali che si incrociano, così la cornice diventa rigida. Gli elementi rettangolari si collegano a quelli vicini per bullonatura; si possono accostare sia in verticale che in orizzontale: se in verticale, la trave sarà più alta e quindi più adatta a carichi maggiori, per esempio quelli ferroviari; in orizzontale, servono meno pezzi ma il ponte è più leggerino e adatto solo a carichi ordinari.

Cottrau, lo abbiamo detto, ha un talento per l'autoprogettazione: intanto il nome che inventa.

«Ponte politetragonale», non servirebbe questo termine complicato, che evoca geometrie complesse dei cristalli: nelle sue intenzioni vuol dire solo fatto da più rettangoli. Ma certo “politetragonale” fa più impressione.

Poi porta un prototipo di questo ponte all'Esposizione nazionale di Torino del 1884, dove viene premiato e soprattutto ammirato da molti osservatori internazionali che

poi pubblicano dettagli su molte riviste, svizzere, inglesi, tanto che Cottrau si affretta a depositare la sua invenzione anche negli uffici brevetti in Inghilterra e negli Stati Uniti.

Poi prima che finisca l'esposizione fa una serie di prove di carico pubbliche: montaggio e smontaggio. Le fa all'opificio, a Castellammare, alla foce del fiume Sarno. Questo per dimostrare al genio militare la rapidità con cui si può montare un ponte politetragonale. Tra le tante versioni rilanciate dagli articoli, la più incredibile è quella che sostiene che si potesse montare e bullonare un ponte di 18 metri di luce libera in 17 minuti, se a farlo c'erano 52 uomini; e poi vararlo in 21 minuti. Ne monta alcuni di questi ponti; poi trova anche un uso particolarmente moderno: come ponteggio per il varo dei ponti veri, con uso temporaneo.

Su questa idea del ponte portatile entra in conflitto con Gustave Eiffel. Eiffel lavora negli stessi anni di Cottrau, che è di 7 anni più giovane. Il viadotto di Rouzat, famosissimo, con le pile reticolari e la travata reticolare, è completato da Eiffel nel 1867 mentre quelli di Cottrau in Puglia, che sono praticamente identici, sono precedenti; poi certo Eiffel è più aperto anche ad altre tipologie, realizza i ponti ad arco, bellissimi, a Porto e poi sul Garabit. E poi c'è la torre, la torre Eiffel di Parigi, ecco: una bella torre Cottrau a Napoli avrebbe forse aiutato a mantenere viva la competizione tra questi due grandi ingegneri.

Oppure, la stessa fama avrebbero raggiunto Cottrau se si fosse realizzato uno dei suoi sogni: il ponte sullo stretto di Messina.

Io non sono certamente uno scienziato, né tampoco un tecnico di vaglia; però, avendo oramai costruito oltre 2400 ponti di tutte le dimensioni e dei più svariati tipi, posso senza falsa modestia affermare di essere un pratico, ed anche di un qualche valore relativo; credo perciò di avere il diritto di dare io pure un parere in una questione, nella quale

è impossibile disgiungere la parte scientifica ed estetica, da quella essenzialmente pratica, ossia di esecuzione e di convenienza economica.

Le dirò adunque, egregio signor direttore, che il progetto di un ponte sul Firth of Forth con luci di 500 m ognuna, pubblicato nella *Engineering* del settembre scorso... non mi ha punto sorpreso, perché ho sempre ritenuto possibile e anche di facile esecuzione (in date circostanze e località, come in appresso farò notare) la costruzione di ponti metallici con luci di 300, 400, 500 e perfino di 1000, e anche più, metri tra gli appoggi.

A conferma di questa mia precisa dichiarazione, ricorderò o dirò a chi non lo sappia che sin dallo scorcio del 1866, dietro amichevole ed ufficioso incarico avutone dall'Onorevole Senatore Jacini, allora Ministro dei Lavori Pubblici, io studiai appunto un progetto di ponte metallico sullo stretto di Messina con luci di 600 a 800 m, il quale progetto deve tuttora esistere negli archivi del ministero; e che se, nella memoria illustrativa del progetto in parola, io dichiarai doversi ritenere pressoché impossibile la esecuzione di quel grandioso manufatto, feci però ben notare che tale impossibilità non derivava punto dalla grande ampiezza adottata per le luci, potendosene costruire anche delle maggiori, ma bensì e unicamente perché nello stretto di Messina vi sono tali profondità di acqua (le rilevai dalle carte idrografiche gentilmente prestatemi dal Ministero della Marina) e correnti così impetuose, da rendere quasi materialmente impossibile, almeno di spese colossali e favolose, la costruzione dei piloni o sostegni dell'impalcatura.

(Lettura da: A. Cottrau, *Può gettarsi un ponte sullo stretto di Messina?*, Torino, Tipografia del Monitore delle Strade Ferrate, 1883, pp. 4-5).

Proprio nel pieno del successo, dal dicembre 1887 Cottrau lascia la carica di amministratore delegato della Iiicm, vende le sue quote nella società e non è più coinvolto: la ragione non è chiara anche se sembra dipendere solo dal fatto che nel frattempo ha costituito, insieme ad altri soci, la Società italiana per le strade ferrate secondarie della Sardegna che nel 1886 vince la gara d'appalto per

la costruzione delle ferrovie sarde e si occupa così di queste linee, oltre a mantenere una più blanda attività di pubblicista.

Tra le opere realizzate dall'impresa dopo il suo allontanamento ma che sono state certamente avviate da Cottrau, è degna di nota la Galleria Umberto I di Napoli, la cui copertura di ferro venne prodotta nell'opificio di Castellammare. Poi quel tentativo, a settembre 1897, di ottenere la libera docenza per l'insegnamento universitario di Costruzioni metalliche e di Ferrovie. Ma pochi mesi dopo aver messo insieme i suoi "titoli di merito" per quel concorso muore, il 23 maggio 1898.

Sono pochi i ponti ancora esistenti che portano la sua firma: molti sono stati sostituiti già negli anni trenta del Novecento per adeguarli alle nuove esigenze della ferrovia; altri sono stati sacrificati all'autarchia, in nome della propaganda fascista per il recupero del ferro; troppi sono stati distrutti durante i bombardamenti della seconda guerra mondiale: il ponte di Mezzanacorti, quello sul Ticino a Sesto Calende, molti altri distrutti dalle mine dei guastatori nazisti: erano ponti strategici e sono stati pesantemente colpiti dalle bombe e nel dopoguerra sostituiti; ma alcuni ponti costruiti dalla Iicm, che Cottrau riporta nel catalogo del dicembre 1887 che raccoglie tutti i lavori compiuti sotto la sua guida, ancora resistono: il ponte Principe sul Calore per la linea Rocchetta-Santa Venere, completato nel 1895; e il ponte Palatino sul Tevere a Roma, iniziato nel novembre 1886 e collaudato nel 1890. E che forse dopo 130 anni di onorato servizio, si meriterebbe un po' di cure e magari anche un po' di riposo e di protezione: se vogliamo almeno che continui a raccontarci di quella fase della storia dell'ingegneria strutturale in cui, se pure il materiale è un po' ostico e estraneo ai nostri linguaggi, alcuni protagonisti hanno imparato benissimo ad usarlo, dando l'avvio alla Scuola italiana di Ingegneria.



Alfredo Cottrau, Gran viadotto sulla gravina di Castellaneta in costruzione, Ferrovie Meridionali, 1868 (foto Achille Mauri, Archivio SIXXI).

3. Il ponte sul Firth of Forth

Il ponte ferroviario sul fiume Forth, in Scozia, nei pressi di Edimburgo, nel luglio 2015 è stato dichiarato dall'Unesco "Patrimonio dell'Umanità". Più tecnicamente, è stato inserito nella lista del patrimonio mondiale ai sensi della convenzione adottata dall'Unesco nella conferenza del 16 novembre 1972. Cioè, ancora, più chiaramente, è stato inserito in quella lista di opere naturali o prodotte dall'uomo che comprende, tra l'altro, il centro storico di Firenze o la grande muraglia cinese, tanto per citare a caso alcuni dei più di mille luoghi presenti in quella lista.

Under that, I therefore rapidly move to declare Decision
39 COM 8B.33 Adopted.

(Estratto audio da: *39th World Heritage Committee*,
5 luglio 2015).

Che c'entra allora un ponte ferroviario, ancora in uso, in acciaio, inaugurato nel 1890, con le opere che siamo abituati a considerare patrimonio comune, che vanno protette, che attirano una visita, che sollecitano il turismo?

C'entra, eccome, ed è importantissimo che un'opera di ingegneria strutturale sia stata inserita in quella lista, e proprio per il suo valore assoluto, non perché magari ricade nel

perimetro di una città d'arte o di un territorio importante per altri aspetti naturalistici.

Che significa far parte del patrimonio mondiale dell'Umanità? La declaratoria tecnica è un po' arida, ma il senso profondo è chiaro: l'opera è patrimonio di tutti e va preservata nel tempo perché la possano conoscere anche le prossime generazioni. Indipendentemente dalla nazione, dalla regione, dalla città in cui è collocata, l'opera è patrimonio di tutti gli uomini, anche di quelli che non vivono in quella città o regione o nazione. È il frutto e l'espressione di un percorso dell'umanità, racconta una storia comune, sovranazionale e per tanto va protetta con l'impegno di tutte le nazioni, delle Nazioni Unite.

E allora in che senso il ponte a Edimburgo è patrimonio di tutti? Che cosa racconta quest'opera ben oltre i confini della Scozia?

Racconta una parte importante della storia dell'ingegneria strutturale mondiale, quella del diciannovesimo secolo: il ponte è infatti il momento culminante dello sviluppo delle grandi strutture metalliche. Appena 110 anni prima della sua realizzazione, era stato costruito il primo piccolo ponte metallico, a Coalbrookdale, sempre nel Regno Unito, in Galles (anche questo patrimonio dell'umanità): un arco di 30 metri di luce, tutto di ghisa, completato nel 1779; solo a metà del secolo successivo, nel 1850, finalmente si superavano i 100 metri di luce con un ponte a travata, 140 metri con l'oggi perduto ponte Britannia, e poi si realizzavano tutti i ponti reticolari ad arco di Gustave Eiffel in Francia; nello stesso periodo si sviluppano i ponti sospesi, a fili di ferro inventati da Marc Seguin, portati alla luce record da quello di Brooklyn di John Augustus Roebling; e alla fine del secolo, sul Forth, si arriva a 521 metri di luce libera, un record. Quindi, in poco più di 100 anni, l'ingegneria mondiale è passata da saper costruire un ponte di 30 metri a un ponte di oltre 500 metri di luce.

Questo exploit è merito dei progressi nel campo dei

materiali e della produzione industriale, ma anche nel campo della meccanica delle costruzioni. All'inizio dell'Ottocento, gli ingegneri erano in grado di calcolare, applicando la teoria dell'elasticità, solo strutture semplici, isostatiche: travi appoggiate, mensole; poi nel 1850 imparano a calcolare un tipo di struttura più complessa, iperstatica: la trave su più appoggi. E solo nei trent'anni successivi, gli scienziati chiariscono il comportamento delle strutture reticolari complesse, anche molte volte iperstatiche, come gli archi incastrati. Insomma, di nuovo, nel giro di circa 100 anni si passa da saper calcolare strutture banali, diremmo oggi, a strutture straordinariamente complicate, articolate, e con una precisione sempre maggiore.

...di gran lunga la migliore vista del ponte si ottiene dal fiume, sopra o sotto, ad una distanza di un miglio o giù di lì: la struttura che si erge ad una grande altezza, ed è sostenuta solo dal cielo. Così viste, le sue linee semplici, le sue parti ben proporzionate, la sua impressionante aria di forza e solidità eppure di leggerezza e grazia, non mancano mai di colpire la mente di chi guarda. Dritto al vento e immobile, sta in piedi!

La vista dalla cima della torre centrale nelle giornate limpide è magnifica. L'ampio fiume stesso, con imbarcazioni di ogni tipo e dimensione, a vapore o a vela, che corrono davanti al vento, tagliando la corrente sulle mura, o pigramente alla deriva con la marea, è sempre uno spettacolo impressionante che si può guardare per ore con un occhio ammirato e instancabile. E così è, sia vista nella gloria dell'alba o del tramonto, in piena luce del giorno con le ombre delle nuvole che volano sulla superficie, e mille increspature che riflettono i raggi del sole in ogni possibile tonalità di colore, o nella morbida foschia di una notte di luna. I tramonti in estate sono sempre magnifici, sia

a causa della polvere vulcanica del Krakatoa che dei vapori del lontano Atlantico; ma ci sono state anche molte albe all'inizio dell'autunno, in cui un uomo affamato poteva dimenticare l'ora di colazione, e non si poteva trovare il cuore per rimproverare l'operaio che metteva giù gli strumenti per guardare le masse sconcertanti di colore che circondano la luce nascente del giorno.

Una vista illimitata a più di 50 miglia su e giù per il fiume!

(Lettura da: W. Westhofen, *The Forth Bridge*, in «Engineering», 28 febbraio, 1890, p. 7).

Ma come è fatto questo ponte che incarna tutta questa storia?

Il ponte sul Forth fa parte della rete ferroviaria della Scozia, in particolare nasce sulla linea di collegamento tra Edimburgo e Dundee. La genesi del progetto è travagliatissima.

Attraversare l'estuario del Forth, che è un fiordo vero e proprio, molto largo e dall'acqua profonda, è davvero difficile. Inizialmente il ponte avrebbe dovuto sorgere una decina di chilometri più ad ovest, dove il fiordo è anche più largo che in altri punti ma l'acqua molto più bassa. Una volta ottenute tutte le autorizzazioni, basta qualche sondaggio per accorgersi che il terreno, dove fondare le pile intermedie del ponte, è troppo inaffidabile, è infido, e quindi si desiste dal proseguire.

Il progetto viene ripreso dieci anni dopo e affidato a un ingegnere, Thomas Bouch, che un tecnico di fiducia della compagnia concessionaria della rete ferroviaria. Bouch individua un punto dove si può collocare una pila a metà del fiordo, che lì è comunque largo quasi 2 chilometri, però c'è uno scoglio, detto di Inchgarvie, abbastanza grande da poter accogliere le fondazioni; ma comunque, a destra e a sinistra dello scoglio, per almeno 500 metri da ogni parte, l'acqua è altissima. Quindi non si possono posizionare altre pile intermedie; ma 500 metri di luce sono tanti: questa luce non era mai stata raggiunta ancora. Il ponte di Brooklyn, aperto

al traffico nel 1883, ha una luce simile, 486 metri, ma è un ponte sospeso. Anche Bouch allora immagina di realizzare sul fiume una coppia di ponti sospesi, uno per parte, che sarebbero stati i più grandi del mondo. Il ponte sospeso non va tanto bene per il traffico ferroviario: in quella zona il vento lo avrebbe reso mobile, ballerino, e quindi sarebbe stato necessario chiuderlo spesso, interrompendo il traffico ferroviario e creando molti disagi. Ma sembra l'unica soluzione.

Solo che prima di iniziare i lavori, Bouch diventa protagonista di un disastro senza precedenti: un altro suo ponte, sul fiume Tay, che si trova sulla stessa rete ferroviaria poco più a nord del Forth, collassa la sera del 28 dicembre 1879, appena un anno e mezzo dopo la sua inaugurazione. Il crollo avviene proprio durante il passaggio di un treno e muoiono tutte le persone a bordo, ben 75, annegate nell'acqua gelata. Le indagini che seguono il disastro accertano che il ponte era stato mal progettato, mal costruito e mal manutenuto, e non era stato quindi in grado di sopportare la bufera di quel giorno, peggiore del massimo vento previsto nei calcoli.

Bouch muore 10 mesi dopo il disastro, a 58 anni, appena concluso il processo che lo riconosce colpevole.

La progettazione del ponte sul Forth viene dapprima rimandata, vista la grande commozione suscitata dalla tragedia, e poi affidata ad altri. I nuovi progettisti, Benjamin Baker e John Fowler, preferiscono una nuova soluzione, completamente diversa, anche un po' per prendere le distanze dalle idee di Bouch. E disegnano un ponte a *cantilever*, a mensola.

Che significa un ponte a mensola? Una mensola è una struttura che si incassa nel muro, per esempio, e sporge, va a sbalzo nell'aria e riesce anche a portare carichi, come i libri. Esistono anche mensole naturali: pensiamo ad un albero, i cui rami si allargano dal fusto, i rami sono delle mensole; se pensiamo a due alberi distanti, ma i cui rami si allungano abbastanza, alla fine si intrecceranno e costruiranno un collegamento, un ponte naturale.

Nel caso del ponte progettato per Edimburgo, nello schema ci sono due mensole, che sporgono da due parti opposte e che vengono collegate da una trave centrale, indipendente, appoggiata sulle due estremità libere delle mensole.

È come se due uomini si incontrassero sulle due rive opposte di un ruscello, e volessero darsi la mano, per salutarsi: però con le braccia non ci arrivano. Allora per creare comunque un contatto, uno dei due si sporge e allunga il bastone che ha in mano, e l'altro, sempre sporgendosi, lo afferra; gli uomini che si sporgono sono le due mensole e il bastone diventa la trave intermedia.

Sul Forth, è un po' più complicato perché le mensole sono più di due e lo schema si ripete più volte.

Certo, il momento non è dei migliori per sperimentare. I due progettisti hanno un problema in più: devono far dimenticare il crollo del ponte sul Tay e rigenerare un clima di fiducia nell'ingegneria e nelle strutture. Sarebbe più agevole propnendo un'opera banale e ordinaria, non una cosa da spiegare con alberi e bastoni da passeggi. E invece hanno bisogno, per risolvere il problema, di un'opera molto ardita, innovativa.

Così, per comunicare sicurezza, mettono a punto una strategia nuova: fanno un «modello vivente» che fa capire in modo semplice, intuitibile da tutti, la soluzione statica che hanno deciso di adottare. Baker, uno dei due progettisti, mostra questo «modello vivente», la «mensola umana» – lo chiama – durante una conferenza pubblica al Royal Institution, tenutasi il 20 maggio 1887, un venerdì. Non mostra il modello direttamente ma una sua fotografia: la fotografia di ingegneria più famosa del mondo.

Che si vede in questa foto? Ci sono due uomini, seduti ognuno su una sedia, a grande distanza tra di loro, circa 2/3 metri. Ogni uomo, con la schiena ben dritta, ha le braccia aperte, verso il basso, simmetricamente; e tiene stretti, uno per mano, due bastoni, che all'altra estremità fanno

contrastò sulla seduta della sedia. Allora, le braccia sono distese, tese, e i bastoni compressi, che funzionano come puntoni, e tengono le braccia dell'uomo in equilibrio. Le braccia aperte dei due uomini non si toccano: c'è ancora una bella distanza da colmare. Allora all'estremità delle braccia (e quindi dei bastoni) è appesa una piccola tavoletta, una specie di altalena. Su questa altalena è seduto un bambino.

Per bilanciare il peso del bambino, che farebbe inclinare uno verso l'altro i due uomini seduti, all'estremità dell'altro braccio, quello esterno, è appesa una pila di mattoni, con una corda. I due mucchi di mattoni pesano ciascuno esattamente la metà del bambino: quindi bilanciano il carico sulle braccia degli uomini. La corda cui sono vincolati i mattoni è naturalmente ben tesa. Ricapitolando: gli uomini seduti, serissimi, con il cappello in testa, hanno le braccia tese che comprimono i bastoni, e scaricano tutto il peso, compreso il loro e quello del bambino, sulle gambe delle sedie. Il bambino sull'altalena pesa metà su un uomo e metà sull'altro, ed è bilanciato dai mattoni, che funzionano come contrappesi. Sullo sfondo della foto, inchiodato sul muro di legno di una casetta di cantiere, c'è il disegno del ponte reale, ingrandito in modo da coincidere perfettamente con le dimensioni del «modello umano».

Così è tutto più chiaro, anche per una persona non esperta. Il sistema è perfettamente in equilibrio, sembra addirittura semplice: un gioco da bambini. Allora vuol dire che il ponte si può fare.

La foto è stata probabilmente scattata dal fotografo di cantiere che si chiama Evelyn George Carey, anche lui un ingegnere; e ne esistono due versioni: gli uomini seduti sono sempre gli stessi, mentre in una, sull'altalena, non c'è un bambino, ma un giovane ingegnere giapponese, piccolino piccolino anche lui, di cui sappiamo addirittura il nome, Kaishi Watanabe, che si era laureato l'anno prima

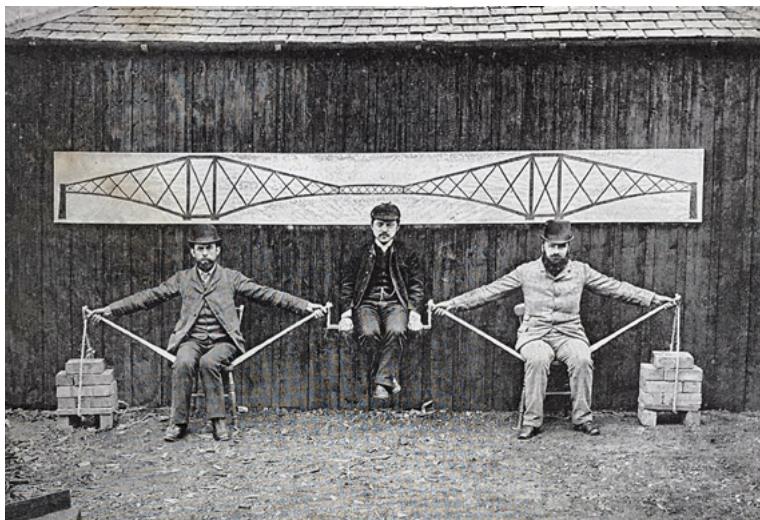


Foto del modello umano per la comprensione del comportamento statico del ponte sul Firth of Forth, tratta dalla rivista «Engineering», 28 febbraio 1890.

a Glasgow e lavorava nel cantiere. Famoso solo per essere stato immortalato in questa foto.

Chissà se l'idea del modello umano è del fotografo o dei progettisti. Certo è che, in altri tempi, questi signori avrebbe fatto fortuna nella pubblicità!

When you're weary/Feeling small/When tears are in your
eyes

I will dry them all/I'm on your side/Oh, when times get
rough

And friends just can't be found/
Like a bridge over troubled water/I will lay me down/
Like a bridge over troubled water/I will lay me down.
(*Bridge Over Troubled Water*, Simon & Garfunkel, 1970).

Nella realtà, le sedie su cui sono seduti i due uomini della «mensola umana», che rappresentano le pile del ponte, sono

distanti 521 metri! E la testa degli uomini sarebbe a 110 metri sull’acqua. Fuori dal modello, dimensioni gigantesche: il ponte sul Forth ha tre pile, quindi tre pilastri portanti, alti appunto 110 metri (che significa un grattacielo di 35 piani: il grattacielo Pirelli, per esempio, a Milano, è alto 127 metri, poco più della pila). Da ogni pilastone partono a sbalzo, simmetricamente, sui due lati, due mensole, lunghe ognuna 207 metri. Le mensole hanno una forma particolare: sono triangolari. All’attacco sono alte quanto il pilone e poi via via si assottigliano e finiscono a punta, proprio a metà altezza del pilone. Il treno passa a questa quota, su una linea dedicata. Tra un pilone e quello vicino, alla fine delle mensole, è appoggiata una trave, lunga 107 metri, che viene posata all’estremità di una mensola e raggiunge l’altra mensola, quella che sbalta dal pilone contiguo: questa trave si chiama normalmente trave Gerber, dal nome di Heinrich Gerber, che questo tipo di ponte «a mensola» lo ha inventato e addirittura brevettato nel 1866 (tanto che in Germania, ma anche in Italia, è più consueto chiamarlo «la travata Gerber»). Infine alle due estremità, dove il ponte arriva sulle coste opposte, a sud e a nord, ci sono altri due supporti, che a guardare bene sono due tiranti, che tengono il ponte ancorato a terra, bilanciando metà del peso della trave Gerber più vicina (metà del bambino, nel modello, come i mattoni). Il sistema staticamente è isostatico e la trave cambia forma in modo da adattarsi punto per punto alla sollecitazione, al diagramma del momento direbbe un ingegnere.

Per far capire le dimensioni gigantesche dell’opera, Baker stesso usa questo paragone: il ponte è più grande di tutti i ponti ferroviari fino ad allora costruiti, nella stessa proporzione con cui un granatiere è più alto di un neonato. E per rendere più efficace la spiegazione, pubblica un disegno famosissimo in cui solo un pilone del ponte è confrontato con tutte le opere più grandi costruite dall’uomo, dal Colosseo, alle piramidi, alla cupola di San Pietro, che sembrano

tutte piccola cosa rispetto all'altezza e alla lunghezza del ponte del Forth.

Sopra i piloni stanno altissime torri in acciaio fatte di quattro colonne di 12 piedi di diametro e 340 piedi di altezza, legate insieme in tutte le direzioni per resistere alle tempeste di vento e alle forze derivanti dal passaggio dei treni più pesanti e veloci sulla rotta della costa orientale. La salita alla cima di queste torri, come all'altezza della croce d'oro sulla cupola della Cattedrale di San Paolo, è un evento che non si dimentica presto.

Centinaia di visitatori, uomini di scienza di tutte le nazioni, principi indiani con turbante, e persino giovani signore avventurose lo hanno fatto, e tutti sono rimasti colpiti dalla sublimità della scena. In piedi sul bordo della parte superiore e guardando verso il basso gli operai appesi a mezz'aria da sottili corde di filo metallico, i barconi a vapore in manovra, caricati di porzioni della struttura, le imbarcazioni di tutte le classi alla fonda o in navigazione, e tutto il grandioso panorama dell'estuario del Forth, la scena ricorda vividamente quel passaggio di King Lear quando Edgar conduce Gloucester al bordo della scogliera:

Fermatevi! Gettare gli occhi così in basso fa paura
e la testa gira! I corvi e le cornacchie
che volano a mezz'aria sembrano grandi appena
come scarafaggi.

(Lettura da: B. Baker, *The Forth bridge*, in «Chambers's Journal of popular literature, science and art», 1 settembre, 1888, p. 546).

La costruzione è un'avventura epica: la gara di appalto si assegna il 21 dicembre 1882. Il cantiere si apre all'inizio dell'anno successivo e prosegue fino al 15 novembre 1889 quando l'ultimo dei 6 milioni e mezzo di chiodi viene batutto. 7 anni di lavori quindi. Poi viene eseguito il collaudo e il ponte apre ufficialmente il 4 marzo 1890, con il passaggio

dei Reali.

La costruzione parte ovviamente dalle fondazioni profonde, realizzate per mezzo di cassoni ad aria compressa, una tecnica messa a punto a metà dell'Ottocento, ancora molto pericolosa all'epoca ma l'unica possibile per affondare le pile fino alla quota sommersa necessaria alla stabilità.

Nei cassoni, giganteschi bicchieri capovolti sul fondo del fiume e appesantiti, lavorano gli operai per scavare la sabbia e far affondare i cassoni stessi: per evitare all'acqua di entrare da sotto e dai lati del bicchiere, questo viene saturato di aria compressa. Così gli operai, prima di uscire all'aperto, devono aspettare a lungo in camere di decompressione che favoriscono il lento ripristino nel corpo della pressione normale ed evitano le embolie. I cassoni del Forth sono illuminati con lampade elettriche ma non deve essere stato piacevole lavorarci dentro.

Tra l'altro, uno dei cassoni durante l'affondamento si inclina ed è un bel problema farlo tornare al suo posto. Dopo alcuni tentativi falliti, durante i quali muoiono diversi operai, solo dopo mesi se ne viene a capo e si riesce a continuare il lavoro. Sui basamenti di granito appoggiati sui cassoni affondati, si innalzano i piloni; ognuno è formato da 4 gigantesche colonne di acciaio, poste agli spigoli della base muraria, inclinate, ad avvicinarsi un po' verso il centro e connesse tra di loro da strutture incrociate in più direzioni, per resistere all'azione del vento e dei carichi del treno.

Completati i piloni, si passa a costruire le mensole; e qui la soluzione di Baker e Fowler ha un enorme vantaggio di cantiere, perché le mensole vengono costruite senza ponteggi provvisori, nel vuoto, sull'acqua, aggiungendo una parte dopo l'altra a quanto già completato, a sbalzo, concio dopo concio.

La parte inferiore della mensola è un grosso tubo, che disegna una specie di enorme canna da pesca; la parte superiore invece è una trave rettilinea reticolare, inclinata. Sono

fatte in modo diverso perché hanno comportamenti diversi. Ricordiamo gli uomini con il cappello seduti sulle sedie: la parte inferiore, la canna da pesca, è compressa come il bastone e quindi è realizzata con un tubo; quella superiore è tesa, come le braccia degli uomini e quindi viene realizzata con un graticcio reticolare. Il montaggio dei pezzi, a sbalzo, avviene grazie a gru e argani a vapore, molto potenti, montati proprio sull'estremità delle mensole già costruite.

L'esperienza ha dimostrato che in brevissimo tempo gli operai perdono il senso dell'altezza a cui lavorano, e che non solo possono guardare in basso, ma anche scendere senza sensazione di vertigini. [...] Gran parte del lavoro al Ponte Forth ha richiesto uomini dotati di grande freddezza, coraggio e robustezza.

Il nervosismo indurrebbe semplicemente un incidente, e di conseguenza, quando strisciano lungo tavole strette o profili angolari con uno strapiombo di 100-120 metri sotto di loro, gli uomini devono allontanare dalla loro mente tutte le idee di ciò che gli studenti di dinamica chiamano il movimento di un corpo che cade sotto l'azione sbilanciata del proprio peso.

(Ivi, pp. 546-547).

Durante gli anni di cantiere, di cui i primi 3 dedicati alle fondazioni pneumatiche e gli altri alle opere fuori dall'acqua, sono morti 57 operai; questo numero è stato poi aggiornato, dopo una serie di ricerche, anche nei cimiteri locali, e portato a 73. Sembra un numero insopportabile, ma se confrontato con altri cantieri dell'epoca, in quelle condizioni di lavoro, con il vento, il freddo, la grande altezza, considerando la lunghezza del ponte e gli anni di lavoro, e che nei momenti di punta gli operai impegnati a costruire il ponte erano 4600, i morti sono drammaticamente nella media.

Nel successo del ponte sul Forth un ruolo chiave è dovuto all'acciaio. Che è un materiale industrialmente giovane,

quando si costruisce il ponte. Infatti, i primi ponti metallici erano stati costruiti di ghisa, che è un materiale che si fonde e si getta in stampi; la ghisa è molto resistente a compressione ma poco a trazione, è come una pietra, una pietra fluida, ma molto più robusta; la ghisa è il primo metallo strutturale che si inizia a produrre industrialmente. Poi, alla fine del '700, Henry Cort brevetta un forno speciale, a riverbero, per produrre industrialmente, proprio a partire dalla ghisa, il ferro pudellato, che si ottiene eliminando dalla ghisa molto carbonio: con il ferro pudellato si possono fare fili, lamiere, piatti, angolari, qualche profilo più complicato; è molto resistente a trazione, a differenza della ghisa. Il ferro pudellato è stato fondamentale per lo sviluppo delle strutture: molte delle strutture metalliche dell'Ottocento che conosciamo sono fatte di ferro pudellato: la torre Eiffel, per esempio. Ma il ferro pudellato si produce lentamente, perché i forni sono gestiti a mano dagli operai che devono mescolare (pudellare viene da «to puddle» che in inglese significa appunto mescolare) e più di tanto il processo non si può velocizzare.

Allora, intorno al 1850, Henry Bessemer inventa un convertitore per produrre acciaio dalla ghisa (l'acciaio era già noto, per esempio per la produzione dei coltelli, ma si produceva in piccoli forni a crogiolo, costava tantissimo, non si poteva pensare a un uso strutturale). Invece il convertitore produce rapidamente acciaio dolce, che è simile al ferro pudellato. Solo che all'inizio la produzione nel convertitore Bessemer era molto variabile perché ogni «colata» era rapidissima, spettacolare addirittura, ma poteva succedere che qualcosa andasse storto. Ne viene addirittura vietato l'impiego per i ponti, perché la qualità è troppo poco costante. Poi nel 1866 viene brevettato un procedimento nuovo, il Martin-Siemens, perfezionando il forno inventato da un tedesco, Carl Siemens, e le idee di un francese, Pierre-Emil Martin. Con questo nuovo forno, che riduce la percentuale di carbonio nella ghisa aggiungendo alla fusione rottame di ferro, rottame sempre più

disponibile nella seconda metà dell'Ottocento, si riesce a produrre acciaio in modo economico, rapido ma anche sicuro, stabile. È questo tipo di acciaio che viene usato per il ponte sul Forth: ben 54 mila tonnellate!

L'acciaio dolce però non resiste bene alla corrosione e bisogna proteggerlo con vernici speciali. Quella del ponte sul Forth è tradizionalmente rossa, una sfumatura specifica, e il ponte è talmente grande e pieno di pezzi che c'è addirittura un modo di dire inglese che recita: «Questa cosa è come dipingere il ponte sul Forth» per indicare una fatica senza fine, una fatica di Sisifo diciamo noi più «umanisti». Così il ponte è sembrato per anni in continua manutenzione: c'era una squadra di pittori fissa nel team di sorveglianza, e appena si finiva da un lato, bisognava già ricominciare dall'altro ...

Poi, a partire dal 2011, il ponte è stato ristrutturato con molta attenzione, come un monumento, e protetto con prodotti innovativi, a base di resina epossidica, inventati per le piattaforme petrolifere, e si ritiene che per i prossimi anni la squadra di pittori potrà riposare un po'.

Voi, si può sapere perché diavolo avete usato il segnale di allarme?

Per fermare il treno, scemo.

È contro il regolamento fermare il treno sul ponte. Dovreste saperlo!

Ma un uomo è saltato giù. È un assassino! ...

(Tratto da: *Il club dei 39* (titolo originale *The 39 Steps*), regia di Alfred Hitchcock, 1935: il protagonista, Richard Hannay, si getta dal treno mentre passa sul ponte sul Firth of Forth).

La fortuna critica del ponte è stata molto controversa, comune per altro a quella di molte strutture metalliche: chi le vede come macchine mostruose inserite a scempio del paesaggio naturale e chi invece come magnifici esempi

dell'ingegno dell'uomo. Per esempio William Morris, il designer, dopo l'inaugurazione dice pubblicamente che non ci sarà mai un'architettura in ferro che possa raggiungere il campione supremo di tutte le brutture, il ponte sul Forth. Altri architetti apprezzano molto invece il carattere schiettamente moderno e funzionale e la totale assenza di decorazioni nel ponte. Comunque, i due progettisti, Baker e Fowler non progetteranno più ponti, si occuperanno d'altro; Fowler, già anziano, muore nel 1898, meno di dieci anni dopo l'inaugurazione.

Dunque è chiaro adesso perché il ponte sul Forth abbia tutti i titoli per fare parte della lista UNESCO. Speriamo che sia solo il primo di molti. Ci sono infatti altri ponti e strutture che raccontano storie altrettanto importanti, collettive, condivise da tutta l'umanità e che meritano di essere inseriti in quella lista: il ponte di Brooklyn per esempio, più famoso e che racconta a sua volta una storia fantastica, e che è stato inserito nella *Tentative list* dell'UNESCO nell'aprile 2017 quindi successivamente alla dichiarazione relativa al ponte di Edimburgo.

Aver riconosciuto un valore universale al ponte sul Forth, solo al ponte, non al luogo, alla città, al paesaggio ma alla struttura, di acciaio, di chiodi, progettata arditamente dagli ingegneri e assemblata dall'uomo, è un segnale importante per il ruolo che l'immenso e troppo spesso trascurato patrimonio di grandi strutture potrà avere nei prossimi anni nella cultura e nel turismo mondiale.

4. Il Gazometro di Roma

Migliorie nei servizi pubblici dell'Urbe. Il più grande gazometro d'Italia, della capacità di 200.000 metri cubi, sta sorgendo fuori Porta San Paolo. Per elevare questa imponente sagoma metallica, alta quasi 90 metri, sono state necessarie circa 3.000 tonnellate di ferro.

Senza contare le altre migliaia di tonnellate occorrenti per le due grosse tubazioni della lunghezza di 7 chilometri ognuna, che permetteranno di portare direttamente il gas nelle zone più distanti dall'officina e di maggior consumo, e i 2 milioni di chiodi ribaditi.

Il nuovo gazometro, interamente costruito in Italia e montato da nostre maestranze specializzate, entrerà in funzione nel prossimo autunno, sostituendo quelli attualmente esistenti in quartieri dove il progredire urbanistico li ha resi intollerabili. Accentrando tutti i servizi di distillazione del carbone, produzione del gas e sua conservazione, in modo da poter fronteggiare tutte le esigenze attuali e future della capitale.

(Estratto audio da: *L'edificazione del più grande gazometro d'Italia fuori San Paolo*, in «Giornale Luce» B/B1013, 23 dicembre 1936, Archivio Istituto Luce).

Il gazometro romano, come raccontato nel documento dell'Istituto Luce del 1936, è un gigantesco reticolo metallico che si avvolge a formare un cilindro; questo in particolare è alto più di 90 metri e con un diametro di oltre 60 metri.

Grandissima suggestione!

Stupenda, incredibile. L'arte insieme all'energia, bellissimo.

Non immaginavo così bello, sinceramente, è molto emozionante.

(Estratto audio da: *Luxometro*, di Angelo Bonello, video ufficiale, 2006).

L'8 settembre del 2006 era una Notte bianca a Roma, una delle prime edizioni di questo evento che valorizzava la notte, con tante iniziative artistiche e culturali, sparse in tutta la città.

Quella notte si accese una gigantesca lampada, così grande da essere alla scala della città, visibile da molti chilometri di distanza e da tutti i punti panoramici. Era il grande Gazometro dell'Ostiense: non era stato illuminato dai fari ma emetteva luce.

Un colpo di luce nel cielo visibile da ogni parte di Roma. La notte bianca 2006 avrà il suo faro portafortuna. Il gazometro verrà illuminato per la prima volta con 10 chilometri di cavi e fibre luminose, stesi avvolti intorno all'intelaiatura.

(Estratto audio da: *Edizione notturna del TGR del Lazio*, 7 settembre 2006).

Per creare la lampada, lungo le membrature di metallo erano state applicate strisce di led, infilate all'interno di tubi trasparenti: una luce bianca, opalescente, bellissima. Quasi 10 km di linee di luce, che disegnavano le 11 circon-

ferenze sovrapposte che salgono a creare il cilindro, le 40 linee verticali che lo scandiscono su tutto il perimetro e le 40 diagonali che si incrociano nei grandi riquadri, nelle due direzioni. Il Luxometro: lo aveva battezzato così il suo ideatore, Angelo Bonello, artista della luce. Consumava 30Kw/h e poteva essere controllato a distanza in modo da variare la luce in sincronia con una colonna sonora.

A parte la bellezza di quell'imprevedibile scultura di luce, semplice, minimale, quasi infantile ma così suggestiva che avrebbe fatto invidia a tutti i futuristi – un'architettura/macchina destinata a contenere energia gassosa trasformata in luce pura – con quell'evento il gazometro, che fino ad allora per la città era stato solo un reperto di archeologia industriale, presente ma diafano, quasi trasparente nello skyline urbano e che scompariva del tutto con il buio della notte, diventava invece il simbolo del fermento culturale della Roma di quegli anni.

Quella gigantesca lampada ha richiamato l'attenzione su un quartiere che da allora si è completamente trasformato, divenendo un luogo privilegiato di attività culturali e artistiche ma anche di innovazione tecnologica: con al centro la sua icona, il gazometro, con la z come certamente preferiamo dire a Roma.

A che servivano i gazometri? Quando sono nati? E perché non sono serviti più e sono stati dismessi? È una lunga storia legata a doppio filo proprio con la luce, e con la luce di città.

Il gazometro nasce per contenere il gas illuminante, che alimentava le lampade per l'illuminazione notturna della città. Tema annoso, quella della città che al calare del sole si fa buia e pericolosa. Prima si risolveva, ma solo in alcune parti un po' più ricche, con le lampade a olio. Poi, nei primi decenni dell'Ottocento, si capisce che la lampada a gas illumina molto meglio, è molto più forte. Molte città euro-

peee adottano questa soluzione: Londra è la prima, nel 1813, e poi alcune città industriali del Nord Italia, prima Torino, poi Milano, Genova, Firenze, Napoli e anche Bologna, che allora faceva parte dello Stato Pontificio. Invece Roma in questa fase è in ritardo, governata da papi conservatori a cui sono attribuite idee retrograde tipo «la luce artificiale è sovversiva, perché altera il divino alternarsi naturale di giorno e notte». Poi viene eletto Papa Pio IX che, invece, capendo che il clima sociale si sta facendo difficile e la rivoluzione popolare è dietro l'angolo, promuove tutta una serie di iniziative di modernizzazione della città: arriva la ferrovia, per esempio, arrivano nuovi modernissimi ponti sospesi per attraversare il Tevere che si aggiungono a quei pochi di epoca romana e all'unico costruito fino ad allora da un pontefice, ponte Sisto. Pio IX avvia anche un progetto di illuminazione cittadina, con un bando pubblico. Un paio di anni dopo la sua elezione, però, nel pieno fermento di tutti questi progetti, deve fuggire dalla città, che è in mano ai ribelli della Repubblica romana. Rimarrà confinato nel regno delle due Sicilie per 18 mesi. A Napoli ha l'occasione di fare il suo primo viaggio in treno, sulla prima ferrovia italiana, la Napoli-Portici, e vede la città illuminata a gas, anche grazie al gazometro inaugurato già nel maggio del 1840. Quando torna a Roma è ancora più convinto della necessità di innovare e tra le prime iniziative c'è l'officina di produzione del gas, che viene installata a via dei cerchi, nell'area del Circo Massimo, che solo dopo verrà scavato archeologicamente e riportato alla luce. Una zona in quel momento periferica della città, che non riempie più il perimetro delle mura aureliane verso sud.

La produzione di gas avviene per «distillazione» e quindi gassificazione, così si dice, del carbon coke: però in Italia il carbon coke non lo possediamo, non ci sono giacimenti e quindi deve essere importato dall'Inghilterra. Sia la produzione che l'illuminazione della città sono date in con-

cessione, in regime di monopolio, proprio a una società a capitale prevalentemente inglese, guidata da Giacomo Sheperd e poi dall'ingegnere Carlo Pouchain, che prende il nome di Società Anglo-Romana per l'illuminazione di Roma, la SAR. I primi 44 lampioni a gas si accendono a gennaio del 1854 e sono concentrati tra la basilica di San Pietro e il Quirinale, che in quel momento è il palazzo dove risiede il Papa. Il percorso di luce notturna passa per piazza Venezia, segue via del Corso fino a piazza del Popolo.

Siamo in pieno Risorgimento: di lì a poco l'Italia è Unita. Quando i Savoia arrivano a Roma e nel 1871 proclamano Roma Capitale, si accende una vera e propria febbre edilizia: si costruiscono gli edifici per i ministeri dello Stato unitario e le case per i funzionari e per i politici, creando nuovi quartieri. L'illuminazione pubblica si deve espandere alle strade e ai quartieri moderni. Quindi serve più gas!

Si crea immediatamente un nuovo impianto di produzione in una zona a nord della città, in via Flaminia, oltre i prati di Castello, area disabitata dove dopo l'Unità erano insediate solo alcune caserme militari: vicina al Tevere, quindi comoda per il trasporto via fiume del coke, e lontana dalle abitazioni ma non troppo. Si installano qui 4 gazometri.

All'inizio del Novecento però, gli interessi economici dei proprietari dei terreni spingono a urbanizzare l'area, cominciando con una serie di interventi infrastrutturali in occasione dell'esposizione del 1911, quella per celebrare il cinquantenario dell'Unità d'Italia.

Si costruiscono con fondi pubblici il ponte del Risorgimento, via Mazzini e le altre strade di qua e di là dal Tevere, ben oltre la fabbrica del gas, e si autorizza l'edificazione privata. L'area quindi sta per diventare troppo popolata: bisogna spostare la fabbrica, trovare un altro sito più sicuro.

Tra l'altro, alla fine dell'Ottocento, il gas è entrato nelle case, nelle cucine, per alimentare i fornelli e i forni, e per

le stufe da riscaldamento. Quindi la città ne è sempre più ingorda, anche se ormai è arrivata l'energia elettrica: già nel 1886 al Circo Massimo è stata aperta, sempre dalla SAR, una piccola centrale elettrica a vapore, secondo il modello di Edison, più piccola solo della centrale di Santa Radegonda, a Milano; nel 1892 invece l'energia arriva per la prima volta dalla centrale idroelettrica di Tivoli, dove si sfrutta il salto della cascata dell'Aniene, e poi una linea elettrica la porta a Roma, nello nuova stabilimento a Porta Pia (questa è la grande novità: l'idea di trasportare l'energia da lontano, con cavi, senza perderla lungo il percorso; in questo caso i cavi sono lunghi 25 chilometri e sostenuti da 707 pali).

L'elettricità avrà via via sempre più spazio nell'illuminazione privata.

Comunque, il gas è ancora fondamentale e lo resterà a lungo: per impiantare la nuova fabbrica del gas a carbone si sceglie, questa volta, un sito a sud della città, fuori dalle mura aureliane, lungo la via Ostiense tra la Piramide e l'antica Basilica di San Paolo, che però è ancora in aperta campagna in quel momento.

Proprio a ridosso delle mura, ma ancora dentro e non lontano dalla fabbrica, vengono costruiti alcuni quartieri popolari: prima San Saba e poi Testaccio, che si riempiranno di operai e manodopera. Poi c'è la ferrovia verso Civitavecchia, e il fiume, navigabile, dove si realizza un porto fluviale: insomma, l'area si candida a diventare la zona industriale della città.

La vecchia città adesso era finita. Le costruzioni basse, anonime, che accompagnavano il resto del corso del fiume che usciva da Roma, sembravano appartenere ad un paesaggio estraneo, ad un altro paese. Ci attendeva l'ultima stazione del nostro viaggio ed aveva un nome impegnativo: Porto Fluviale. Arrivammo un pomeriggio che pioveva. Le gru meccaniche erano immobili. Le banchine, deserte. Pure ci assicurarono, avevamo avuto una straordinaria fortuna

perché proprio quel giorno, dopo mesi, sarebbe arrivata al porto una nave. Una piccola nave che stava in quel momento risalendo il Tevere, venendo su da Fiumicino. Il console della compagnia di navigazione a cui apparteneva la nave volle spiegarci la situazione.

Ci confidò Guglielmo Vallati: La situazione dell'ante guerra era questa. Noi avevamo circa 20 natanti di linea per un totale di circa 4000 tonnellate di stazza le quali continuamente – 2, 3, 4, tutti i giorni – salivano il Tevere, dalla Liguria, dalla Sardegna e dalla Sicilia. Trasportavano del ferro, merce varia, carbone. Trasportavano vini. Trasportavano pommi, zolfo. Merci in generale, di tutto. Poi imbarcavamo pure. Fino al 10 giugno, all'inizio della guerra, abbiamo lavorato in pieno qui a Roma. Nel '44 avevamo riiniziato la linea. Avevamo fatto un deposito di carbone in banchina. Per 2, 3 mesi abbiamo lavorato. Senonché una volta un natante, lungo la discesa, rimase incagliato. Si è sparsa la notizia che il Tevere non era navigabile e da quel momento noi altri siamo rimasti pressoché disoccupati.

(Estratto audio da: *Il Tevere a Roma*, radio documentario di Ferruccio Troiani, 19 febbraio 1954, Archivio storico RAI).

Roma non sarà mai una città veramente industriale ma le poche attività commerciali e produttive di base si insediano qui intorno: il mattatoio, i mercati generali, i magazzini generali, il granaio dell'Urbe, mulini, pastifici, qualche altra piccola fabbrica come la Mira Lanza, che lavora i saponi e le candele, o le concerie che lavorano il pellame, insediate qui già a fine Ottocento; qui nel 1912 viene installata anche la centrale termoelettrica municipale per la produzione di elettricità (con un sistema misto diesel-vapore), la bellissima Centrale Montemartini divenuta oggi un museo incredibile, in cui statue di marmo bianco di epoca romana, provenienti dai depositi dei musei capitolini, convivono con gigantesche quanto spettacolari turbine di ghisa.

Sempre nel 1912 entra in servizio la fabbrica del gas di San Paolo, con tre gazometri: quello più alto ha una capacità di 60 mila metri cubi; gli altri 2, gemelli, sono di 25 mila metri cubi ciascuno. Questi tre ancora esistono, e sono stati restaurati qualche decennio fa. Ce n'era anche un altro, molto più piccolo, di circa 2 mila metri cubi, che invece è stato demolito.

Poi la prima guerra mondiale e l'arrivo della dittatura fascista, con la marcia su Roma del 1922.

Il nuovo orientamento di Mussolini è chiaro: l'italianizzazione del gas. Non si può lasciare il gas in mani straniere, quello di Roma poi nelle mani degli inglesi: bisogna nazionalizzare. Già alla fine degli anni Venti, nella gestione della fabbrica del gas di San Paolo tutto cambia: la SAR diventa a capitale italiano all'80%, con l'aiuto delle banche, e cambia anche denominazione; dopo una prima scissione tra i compatti della società relativi all'elettricità e al gas, nel 1929 il gas passa alla società Italgas di Torino, la più grande tra le società italiane del settore che in quegli anni prende il controllo anche della gestione del gas di Venezia e di Firenze, e di molte altre città.

In questa nuova configurazione societaria, viene costruito e entra in funzione il 13 luglio 1937 il grande gazometro, altissimo, 200 mila metri cubi di capacità, uno dei più grandi d'Europa e il più grande d'Italia in quel momento. Lo costruisce la Ansaldo di Genova, utilizzando alcuni brevetti del tedesco August Klonne.

Certo, sono tempi strani per tirare su un simile colosso di ferro: siamo in piena autarchia!

L'Italia nell'ottobre 1935 ha invaso l'Etiopia e la Società delle Nazioni ci ha imposto delle sanzioni, che prevedono che nessuno ci possa più vendere acciaio e tutti i materiali utili all'industria bellica. Il Fascismo cavalca queste sanzioni e fa propaganda sulla presunta possibilità dell'Italia di fare a meno dei materiali che provengono dall'estero: dunque

autarchia, autonomia nazionale. Tanto per fare un esempio, viene proibito il cemento armato, che usa solo pochi tondini di armatura di acciaio mentre il cemento è tutto prodotto in Italia.

Invece per fare il gazometro grande, sono servite 3 mila tonnellate di ferro solo per la struttura principale, altre migliaia per le tubazioni e 2 milioni di chiodi. Ma appunto, l'operazione autarchica è solo propaganda: e il gas viene promosso a «materiale autarchico», anche se naturalmente la materia prima per produrlo – il carbone – la compriamo tutta dall'estero. Comunque, ne viene incentivato l'uso domestico: i ferri da stiro a gas, gli scaldabagni a gas e via così.

E poi Mussolini ha deciso una grande espansione della città verso il mare, verso Ostia, espansione che deve essere lanciata attraverso un'esposizione universale, nel sito che oggi come allora chiamiamo EUR (che significa proprio Esposizione Universale di Roma). Il quartiere espositivo viene costruito lontanissimo dalla città edificata, nella direzione della via Ostiense ma scavalcando la piccola cittadella industriale. Quel quartiere espositivo – destinato a restare permanente – deve diventare il simbolo della civiltà fascista: tutta l'espansione urbana che si trascinerà in quella direzione, va illuminata e alimentata di gas (nell'esposizione c'è addirittura previsto un palazzo della luce!). Quindi il nuovo gazometro sarà utilissimo.

Spiccano già, nella loro maestosa architettura, la candida mole del Palazzo degli Uffici e quella imponentissima del quadrato Palazzo della civiltà italiana, ad archi sovrapposti dell'altezza complessiva di 60 metri.

Il grande plastico offre all'occhio dell'obiettivo una previsione di quello che sarà l'assieme monumentale dei principali edifici che rinnoveranno nella Roma mussoliniana del ventennale dell'era fascista la magnificenza edile dell'Urbe dei Cesari.

(Estratto audio da: *Cominciano a delinearsi le architetture dell'Eur*, in «Giornale Luce» B/B1566, 16 agosto 1939, Archivio Istituto Luce).

Poi l'esposizione non si fa: scoppia la seconda guerra mondiale. La fabbrica del gas viene bombardata, in particolare durante l'attacco anglo-americano del 7 marzo 1944, che coinvolge anche la stazione Ostiense. 27 bombe colpiscono l'area e la capacità produttiva viene ridotta alla metà.

Poi con la ricostruzione, si riparte con la produzione a pieno regime, che viene via via potenziata per soddisfare i cambiamenti dell'Italia che viaggia verso il boom economico: la città cresce enormemente e l'impianto viene dotato di nuovi forni per la distillazione del carbone. In questo periodo il gigantesco gazometro compare in molti film, soprattutto quando si vuole evocare il popolo, la periferia, il lavoro duro, i ragazzi di strada. E Pasolini lo immortala in *Accattone*, nel 1961, con alle spalle la città che avanza, quasi un simbolo della trasformazione culturale in atto e della crisi imminente.

Eri presente l'altro ieri quando er Barberone ha voluto fa quella scommessa cor Tedesco e Peppe er folle?

Sì.

Ha detto che lui si sarebbe magnato un chilo di patate e una sporta di cachì e che dopo un quarto d'ora si faceva il bagno e non gli faceva niente?

Sì, mbeh?

Però Peppe er folle gli ha detto che lui si doveva attraversà tutto fiume, andà e tornà, e non solo entrà dentro e uscì fora.

Sì.

Aah, non è morto per indigestione quello, è morto per la stanchezza. Ma quando lo attraversava mai fiume, quello?

(Estratto audio dalla scena iniziale del film *Accattone*, Pier Paolo Pasolini, 1961).

La crisi del gazometro arriva insieme a quella economica italiana: mentre le ragioni nella crisi nazionale sono molte e coinvolgono tanti settori, per il gazometro la ragione è

semplicemente la diffusione del gas naturale, il metano. Il gas naturale si trova direttamente in giacimenti sotto terra, non viene prodotto dal carbone. Il metano è più sicuro e più sostenibile diremmo oggi, anche se per l'Italia non è certo a Km 0: non possediamo giacimenti significativi nemmeno di questo gas, a parte qualcosa nel mar Adriatico. Lo compriamo prevalentemente dall'estero: ci arriva via nave dalle coste nord africane (il gas viene prima liquefatto per trasportarlo in nave e poi viene rigassificato una volta arrivato nel nostro Paese) oppure direttamente con i gasdotti, che fanno percorsi lunghissimi, in particolare quelli che partono dalla Russia.

Ma non possiamo certo essere nostalgici del gas che stava una volta nel Gazometro: produrre quel gas era un'operazione sporchissima, con un grande impatto sull'ambiente, pericolosa per chi lavorava ai fornì e comunque a partire da materia prima che compravamo all'estero.

Quando si è capito che il metano sarebbe stato il futuro, gli impianti dell'Ostiense vengono aggiornati per poter trattare anche il gas naturale (che va prima lavorato per essere immesso nella rete). Tra gli anni '70 e gli anni '80, il metano arriva in tutte le case di Roma: i gazometri dell'Ostiense si sgonfiano e vengono dismessi; nel frattempo la città è arrivata a circondare le piccole fabbriche d'intorno, che abbandonano i loro edifici. È finita un'epoca: l'Ostiense perde la sua vocazione industriale, durata per altro meno di un secolo.

Verso l'immenso corpo della città si irradia dai tozzi gabbioni dei gazometri il calore necessario alla sua vita. Ma come si produce il gas in questo mondo nero e pulsatante? Da questi fantastici castelli di ferro si staccheranno gli organi meccanici prensili di sollevamento e di scarico. Fissata al carrello-comando, la benna, simile a una mano di gigante scorre sulla rotaia aerea; e al momento giusto,

piomba con la leggerezza di un ragno sul mucchio nero e lucente.

(Estratto audio da: *Gas di città*, regia di Elio Piccon, 1949, Archivio Istituto Luce).

Ma come faceva a contenere il gas una struttura metallica reticolare, fatta di linee? È come se pretendessimo di trattenere l'aria usando una rete. E infatti, quello che vediamo oggi non è il contenitore vero e proprio del gas, ma è la struttura portante di quel contenitore.

È come se vedessimo le nostre costole, ma senza i polmoni dentro che si allargano e si stringono con il respiro. È un esempio un po' improprio, ma consente di avvicinarci al funzionamento: il gazometro che vediamo oggi è solo lo scheletro.

Dunque, il gazometro serve a contenere il gas appena prodotto dal carbone. Non ha la funzione di un serbatoio dove tenerlo a lungo, ma è un sistema per verificare il rapporto tra quanto gas si produce e quanto ne consuma la città, è un modo per controllare che i flussi siano in equilibrio: tanto entra, tanto esce. E poi consente, comunque, di poter fornire il gas in caso di picchi di consumo o magari se insorge qualche problema, uno stop in fase produttiva.

Il gazometro funziona a pressione costante, cioè il gas all'interno deve essere più o meno sempre alla stessa pressione per essere in sicurezza. Quindi il contenitore si deve ingrandire mano a mano che metto dentro gas; se il contenitore non aumentasse di volume, vorrebbe dire che aumenta la pressione del gas e non va bene. Come un palloncino di gomma: mano a mano che lo gonfiamo la gomma del palloncino si tira, perché è elastica, e il palloncino cresce di volume e per questo riesce a tenere dentro più aria. Se continuiamo a gonfiare, ma il palloncino è arrivato al massimo della dilatazione e non può più aumentare il

volume, la pressione aumenta, aumenta troppo, fino a che il palloncino scoppia.

Dentro allo scheletro del gazometro, c'era una specie di palloncino: un contenitore che, via via che il gas arrivava all'interno, aumentava di volume. Però le membrane di gomma, come quelle dei palloncini, resistenti, che sanno trattenere l'aria, sono arrivate molto più tardi dell'invenzione dei gazometri: quindi l'unica soluzione possibile all'epoca era un contenitore di lamiera di metallo, impermeabile all'aria, capace di non disperdere il gas interno. Una delle prime soluzioni inventate nell'Ottocento (ma di brevetti ce ne sono molti altri e tutti interessanti) è questa: immaginatevi un bicchiere, un cilindro di metallo con il fondo, rovesciato e immerso in una bacinella, più grande, piena d'acqua. Il bicchiere in termini tecnici si chiama «campana», proprio per la forma: assomiglia a quella di una campana da campanile. Il gas viene immesso dentro alla campana con un tubo che arriva appena sopra il livello dell'acqua e con la sua pressione il gas solleva la campana (il gas non si mescola con l'acqua ovviamente ma rimane a premere da una parte sul pelo dell'acqua e dall'altra sulla campana; anzi è proprio l'acqua che impedisce al gas di andarsene dal bordo inferiore della campana, fa da tenuta, «tenuta idraulica» si dice).

La campana del gazometro grande era fatta di 5 parti, una dentro l'altra; il gas sollevava la prima campana, l'unica con il fondo: poi, sempre spingendo sulla prima campana, sollevava una dopo l'altra le successive fasce anulari metalliche, concentriche, fino a raggiungere la cima dello scheletro. Lo scheletro serve proprio a far scorrere in verticale questa campana telescopica guidandola ben dritta: sul bordo della campana c'erano dei rulli, delle ruote per farla scorrere lungo i montanti dello scheletro.

La testa della campana, quindi la parte che arriva più in alto, non è piatta, ma è una calotta, una cupola; in questo caso enorme, una cupola più grande della cupola del Pan-

theon o di quella di San Pietro, perché il diametro era di circa 60 metri, contro i 44 o 42 metri delle altre cupole romane. Però era una cupola ribassata, non era una semisfera ma solo la parte sopra di una cupola. Funziona come una tensostruttura, anzi più precisamente come una struttura pneumatica, come il pallone che copre la piscina dove andiamo a nuotare d'inverno: un pallone fatto di lamiera metalliche chiodate, che quando la campana è vuota, è sostenuto dalla pressione dell'acqua, poi quando si riempie di gas, è proprio la pressione del gas a mantenerla tesa, in trazione. Il corretto funzionamento del gazometro è tutto un gioco di equilibrio tra peso della lamiera e pressione del gas.

La vasca d'acqua del gazometro grande, sempre fatta con lamiere metalliche, è alta 15 metri e conteneva 47 mila tonnellate di acqua. La vasca è poggiata su una piattaforma di calcestruzzo, che sta sotto terra, molto resistente, fondata su pali profondi, ben stabile. Tutte le lamiere sono unite tra loro da chiodi ribattuti, in modo da chiudere ermeticamente il buco da cui sono passati, per garantire la tenuta (in modo che il gas non esca proprio dai buchi dei chiodi!).

Lo scheletro portante è fatto da 40 montanti verticali, e da 11 cerchi orizzontali che servono a collegare e irrigidire i montanti, a tenerli in posizione: su 6 cerchi orizzontali viaggiano passerelle che servono per l'ispezione; e poi ci sono gli elementi diagonali che collegano i montanti e rendono il sistema indeformabile: funzionano anche per tutte le azioni orizzontali come il vento. Per raggiungere le varie passerelle, oltre a una scala, c'era anche un ascensore elettrico, in una torre esterna alla struttura cilindrica, che sbucava in alto in una piattaforma di vedetta, larga una decina di metri. Chi è stato su quella piattaforma, racconta di una vista panoramica su Roma mozzafiato!

La città eterna, grande giacimento di tesori d'arte e archeologia, Roma sembra estranea alla scienza e alla tecnica

ed è l'unica capitale europea che sia priva di un museo o città della scienza. Per anni si è parlato di crearla. Oggi c'è un progetto e ci sono i fondi per realizzarlo entro tre anni. Lo hanno annunciato in Campidoglio il sindaco Rutelli, l'ex ministro della ricerca scientifica Ruberti e altre personalità. Contrariamente agli stereotipi a Roma risiede il 20% dei ricercatori italiani. Ci sono inoltre tre grandi università statali con fior di facoltà scientifiche.

A Roma hanno lavorato grandi fisici come Fermi e Marconi e grandi matematici come Castelnuovo e De Finetti. La nuova città della scienza sorgerà nei pressi del gazometro al Testaccio una zona che ai primi del secolo era destinata a diventare il polo di sviluppo industriale di Roma.

(Estratto audio da: servizio TG dedicato alla nuova città della scienza all'Ostiense, luglio 2000).

Dal momento della dismissione, il sito dell'ostiense è oggetto di migliaia di progetti di riconversione, rigenerazione, trasformazione urbana, molti anche fantasiosi, che lentamente hanno ridisegnato alcune parti, mentre altre sono ancora in attesa di decisioni importanti.

Per il gazometro grande, si è pensato a tante cose. In giro per l'Europa, molti gazometri sono stati trasformati. Alcuni in modi non tanto convincenti: qualche volta lo scheletro è diventato una specie di decorazione intorno a edifici per appartamenti oppure, come nel caso dei 4 gazometri di Vienna, dove la struttura portante era fatta di mattoni e non di ferro, sono stati usati i muri esterni per contenere un complesso di appartamenti. Più interessanti i casi in cui il gazometro è stato trasformato in spazio espositivo, come quello di Oberhausen, in Germania, nell'area industriale della Ruhr, che accoglie esperienze espositive sempre molto innovative. In molti altri casi, come in Italia, è rimasto al centro di un parco, come una bella scultura gigante.

Insomma, tutti e 4 i gazometri del sito dell'Ostiense, anche i tre più piccoli – che sono scampati alla demolizione qualche anno fa grazie all'intervento della Soprintendenza Regionale – raccontano una storia importante, da ricordare. Bene quindi che siano tutelati e preservati per il futuro, e che sia restaurato il gazometro grande per proteggerlo dalla corrosione, ormai avanzata. E che il sito sia protagonista nei processi di rivitalizzazione culturale attenti all'innovazione, come quelli in atto oggi grazie all'amministrazione pubblica e agli attuali gestori.

E che il gazometro, questa straordinaria architettura strutturale, questa architettura-macchina, macchina futurista, in movimento, sempre diversa con il suo pieno di energia fluttuante, continui a fare luce!



Il Gazometro di Roma visto dal Tevere, foto Sergio Poretti (Archivio SIXXI).

5. Il bombardamento dei ponti sul Po

Il 15 luglio 1944 termina l'operazione *Mallory Major*, la campagna di bombardamenti aerei strategici sul Nord Italia che era cominciata qualche giorno prima, il 12. In questa fase della seconda guerra mondiale le truppe alleate hanno già liberato Roma, a inizio giugno, e sono in marcia verso Firenze, dove arriveranno all'inizio di agosto.

Il maggiore William Mallory, da cui prende il nome il piano, aveva studiato le carte geografiche e si era reso conto che il Po, che taglia orizzontalmente tutta la pianura padana, era attraversato da pochissimi ponti, poco più di 20; eppure da lì passava tutto il traffico stradale e ferroviario verso il sud. E così aveva suggerito di bombardarli tutti, a partire dall'Adriatico fin verso Torino: con relativamente poca fatica, si potevano interrompere i rifornimenti di uomini, di armi, di munizioni alle truppe naziste.

Nel giro di 3 giorni le bombe sganciate dai B-26 fanno crollare le campate del ponte ferroviario di Piacenza, dell'attiguo ponte stradale, del ponte ferroviario di Casalmaggiore e di quello di Cremona, del ponte ferroviario di Mezzanacorti e poi tutti gli altri.

Il successo dell'operazione Mallory non sarà, però, sfruttato dagli eserciti alleati, che per molte ragioni rimarranno fermi ai piedi degli Appennini mentre i tedeschi avranno il

tempo di rinforzare la linea difensiva. Ma intanto quei ponti sono perduti e si aggiungono alle migliaia di altri, sacrificati in quegli stessi mesi, in quella strage infinita soprattutto di uomini ma anche di case e di infrastrutture che è stata la seconda guerra mondiale in Italia.

Ricostruzione. Abbiamo costruito per 80 anni, a poco a poco, con la politica della lesina, col tenace risparmio, col duro lavoro dei nostri operai, dei nostri contadini e dei nostri emigranti. Ma una guerra sciagurata, non voluta dal nostro popolo, ha seminato rovine e morte in tutto il nostro paese.

E abbiamo cominciato a ricostruire in mezzo a stenti e privazioni indicibili. Presentiamo qualche fuggevole aspetto della nostra lenta e faticosa ricostruzione. Ecco gli operai veneziani che danno mano a riattare le loro officine.

“Se avessimo carbone” è il grido di tutti, e quando si può avere carbone le fabbriche di laterizi lavorano a pieno ritmo. Uomini, donne, macchine.

(Estratto da: *Rotarie spezzate*, documentario edito dal Ministero dei Trasporti, a cura della Direzione generale delle Ferrovie dello Stato, musica di Carlo Innocenzi, regia di Pietro Benedetti, 1948).

Se i bombardieri alleati distruggono principalmente i ponti ferroviari, i tedeschi a loro volta durante la ritirata fanno saltare i ponti con le mine, per rallentare, magari anche solo di pochi giorni, l'avanzata delle truppe inglesi e americane. Sotto questo fuoco incrociato sono crollati in Italia circa 10 mila ponti. Di alcune tipologie sappiamo i numeri precisi: 811 ponti ferroviari (circa un quarto del totale di ponti ferroviari esistenti nella rete nazionale: uno su quattro non c'è più); poi 2944 ponti sulle principali strade statali; e poi decine e decine nelle città, dove il sacrificio è stato più drammatico perché sono distrutte vere opere d'arte. E poi migliaia di ponti distrutti nelle campagne, distribuiti su tutto il territorio ma ovviamente con una forte concentrazione lungo

le due linee di fronte principali: la linea Gotica, sul corso dell'Arno e poi oltre l'Appennino, fino a Rimini, e la linea Gustav, lungo il Garigliano e il Liri, vicino Cassino.

Dopo la guerra, nell'enfasi della rinascita sociale e culturale del Paese, la ricostruzione di questi ponti è passata quasi inosservata. E invece è stata un'operazione molto impegnativa, che ha visto coinvolti tutti gli ingegneri disponibili, tutti, anche quelli che prima facevano altre cose, magari cinematografi, stadi; spesso giovanissimi, appena laureati. Il Ministero dei Lavori pubblici, l'ANAS, le ferrovie dello stato, hanno fatto una specie di chiamata alle armi: ci serve aiuto, venite tutti! E gli ingegneri, in silenzio, senza troppa enfasi, senza ceremonie, si sono messi al servizio del Paese. E lo hanno ricostruito.

La ricostruzione si è svolta in più tempi: prima, una ricostruzione di emergenza, ancora in fase di guerra, per consentire comunque l'avanzata delle truppe; poi una ricostruzione temporanea ma più stabile, limitata ai collegamenti più importanti e destinata a durare qualche anno; e poi quella definitiva, sostenuta dagli aiuti economici internazionali, soprattutto dai fondi statunitensi del piano Marshall.

La prima ricostruzione si limita ai ponti ferroviari e si basa su metodi di «ingegneria di pronto soccorso». La situazione tipicamente è questa: il ponte è distrutto; le travate sono in acqua, con le lamiere contorte e deformate dalle bombe. Se le pile sono state danneggiate, allora c'è poco da fare: si varà un ponte di barche. Se invece le pile hanno fondazioni profonde, e sono ancora lì, sembrano stabili, allora ci si appoggia sopra un ponte Bailey. Il ponte Bailey è un ponte reticolare composto da piccoli moduli facilmente trasportabili e facilmente assemblabili che era in dotazione ai reparti speciali, ai reparti che noi chiamiamo «pontieri» ma che nella V armata statunitense e nella VIII armata inglese, quelle sbarcate in Sicilia, si chiamano Sapper.

I Sapper selezionano accuratamente i ponti da ricostruire, i più utili: lavorano solo sulle direttive che assicurano le strategie belliche abbandonando le altre. Nelle operazioni sono coinvolti soldati inglesi, americani, indiani, sudafricani, ma anche italiani e poi prigionieri tedeschi: nell'inverno del 1944 si contano nei corpi speciali alleati 12600 uomini, che ricostruiscono ponti spesso distrutti dai loro stessi bombardieri.

Alcune di queste strutture provvisorie sono rimaste in opera per anni: e ce ne sono ancora alcune in giro: come un ponte che si trova vicino Todi, sul Tevere: è un ponte Bailey ma di tipo sospeso: non è più in uso, non era nemmeno stato costruito lì in origine, è stato spostato, ma il materiale è originale, del 1944.

Poi la guerra finisce e il territorio torna sotto il controllo del governo italiano, ancorché provvisorio e con ancora il comando alleato che controlla tutto e stabilisce l'assegnazione dei materiali. Però a questo punto i collegamenti bisogna ripristinarli tutti, non solo quelli utili alla guerra: ci sono paesi rimasti completamente isolati perché il ponte della strada è crollato, città tagliate a metà come Firenze, Pisa, Verona; da Roma a Bologna si può usare solo una vecchia linea ferroviaria lentissima. In questa nuova fase sono ancora valide le tecniche «di pronto soccorso». Nei documenti dell'epoca si legge: «spicca in questi lavori la genialità di chi li concepisce e di chi li esegue. Molte volte si deve soltanto all'intuito di un ingegnere progettista o alla trovata del montatore esperto e coraggioso il felice risultato di queste operazioni, pienamente assimilabili a interventi chirurgici».

Operai, avete lavorato come i minatori delle gallerie, partendo dalle estremità opposte, correndovi incontro. Sull'ultimo arco vi stringerete la mano. Corre sul tappeto mobile, come in una divertente kermesse, il pietrisco della

massicciata. E il primo binario già si avventa lucido a misurare i 700 metri di vuoto ricolmato. L'opera è compiuta. S'aprono le braccia del semaforo come il V della vittoria.

(Estratto da: *Il ponte*, documentario edito dal Ministero dei Trasporti a cura della Direzione generale delle Ferrovie dello Stato, musica di Carlo Innocenzi, regia di Pietro Benedetti, 1948).

Un esempio eclatante è il ripristino del ponte sul Po a Piacenza per la linea ferroviaria Bologna-Milano: è un ponte importantissimo, il primo ponte ferroviario ad attraversare in modo permanente il Po nel 1865. Qui anticamente c'era un ponte di barche: poi nell'Ottocento erano arrivate tante novità: la ferrovia, il ferro pudellato, la trave continua su più appoggi, l'Unità d'Italia, e il ponte era stato finalmente costruito, solido, stabile, con fondazioni profonde ad aria compressa: le fondazioni sono ancora oggi quelle originali del 1865; le travate no, quelle erano state già sostituite del 1931 e raddoppiate, ingrandendo anche le pile. Il bombardamento Mallory aveva colpito in pieno diverse travate che erano cadute nel fiume, accartocciate. Poi i tedeschi avevano fatto in tempo a ripararlo, con stilate di legno e travi di acciaio provvisorie, ma poi prima della fuga avevano fatto esplodere una pila, provocando il crollo di altre travate e avevano dato fuoco alle strutture di legno. Questo era lo stato disastroso del ponte al 25 aprile: eppure tra il 14 maggio 1945 e il 14 ottobre dello stesso anno la ditta Antonio Badoni, una delle poche e più importanti che eseguono carpenteria metallica in Italia, ripristina un binario, quello di monte, il meno compromesso: solleva dall'acqua le travate più in buono stato, con macchinari inventati per l'occasione, le pulisce, le raddrizza, le ripara con i pezzi delle travate di valle recuperabili, sostituisce la pila distrutta con nuove stilate di appoggio di legno. Alla fine le truppe americane sono incredule e si complimentano con i tecnici. Intanto il treno passa, poi solo dopo si procede alla ricostruzione definitiva.

Un po' più tardi, il 30 ottobre 1949 viene riaperto al traffico, sempre a Piacenza, anche il ponte sul Po per la via Emilia, ricostruito dalla Società Nazionale Officine di Savigliano (che per altro aveva costruito già il ponte originale, inaugurato nel 1907 e distrutto durante l'attacco Mallory). Alla fine della guerra era stato montato frettolosamente un ponte di barche di legno stretto stretto, subito sommerso dalle piene e poi un ponte di barche di ferro a due vie ma la strada era troppo importante e alla fine il comando alleato autorizza la ricostruzione.

Ancora sul Po era stato distrutto il ponte a Mezzanacorti, che serviva sia la linea ferroviaria che dal porto di Genova arriva a Milano e sia la strada statale 35: il ponte è a due piani, la strada passa sopra la ferrovia, ancora oggi. Il ponte originale era stato costruito nel 1867, ma le bombe non avevano avuto rispetto di questo capolavoro. Alla riparazione provvisoria della sola ferrovia si impegna, tra luglio e novembre 1945, di nuovo la Badoni, che solleva dall'acqua il ferro pudellato delle travate originali, lo rifonde in parte, lo risalda e arrangia il passaggio per il treno su una struttura «inedita», che a vederla dalle foto d'epoca sembra un collage di tre ponti diversi. La ricostruzione definitiva sarà affidata anche in questo caso alla Savigliano e completata nel 1951.

Anche il ponte sul Po a Cremona è gravemente danneggiato (oggi si chiama ponte di Castelvetro ma nei documenti d'epoca è il ponte di Cremona): quel ponte era stato costruito dalla Savigliano nel 1892, con due travate indipendenti ma con le pile in comune: una travata dedicata alla ferrovia e l'altra alla strada, affiancate stavolta. L'operazione Mallory e poi le mine dei tedeschi in fuga avevano distrutto diverse pile e le relative travate; però solo la parte sul fiume, verso Cremona, mentre la parte in golena era stata risparmiata. I tecnici incaricati della ricostruzione, della ditta specializzata Mottura e Zacheo, avevano a disposizione materiale dagli alleati per

assemblare travate di una ventina di metri ma la luce tra le pile murarie era di 80 metri: si sarebbero dovuti costruire appoggi intermedi temporanei, di legno, ma non si poteva perché il fondo del fiume era tutto ingombro di macerie. E allora decidono di utilizzare le travate non danneggiate, quelle in golena, che sono lunghe 80 metri anche loro e le spingono, le fanno scivolare in avanti finché non si appoggiano sulle pile sul fiume e ripristinano il passaggio. Poi in golena è più facile realizzare i nuovi appoggi e utilizzare le travate da 20 metri. Il nuovo ponte provvisorio è varato a giugno 1946: un po' in ritardo rispetto agli altri cantieri sul Po a cui è stata data la precedenza, perché sono al servizio di linee ferroviarie più importanti. In seguito la stessa ditta ricostruisce anche la strada affiancata, quella sulle stesse pile, con travate nuove nuove, bellissime, un varo spettacolare: ma vengono rifatte solo le campate sul fiume mentre molte di quelle in golena sono ancora quelle del 1892. Ne hanno vista di acqua passare!

Nel cuore del Molise, sull'altipiano collinoso solcato dal Volturno, la cittadina di Isernia è adagiata lungo un costone che separa due torrenti. [...] Il 10 settembre 1943, la vita patriarcale e semplice in quella pacifica cittadina fu improvvisamente e tragicamente sconvolta da un terribile bombardamento, che in brevissimo tempo uccise circa 4.000 persone, ossia poco meno della metà della popolazione. L'obiettivo dell'azione bellica non era tuttavia il centro abitato, bensì il vicinissimo grande ponte ferroviario di Santo Spirito, sulla linea che collega Isernia con Cassino e con Campobasso.

Esso comprendeva 44 archi di oltre 10 metri di luce e una travata centrale di 60 metri. Era lungo poco meno di un chilometro ed era stato costruito nel 1894 con la spesa di 1.200.000 lire. Al primo bombardamento ne seguirono ben altri 13. Molte furono le vittime umane, ma nessuna

bomba colpì mai l'opera. Uscito intatto da tanto diluvio di esplosivo proveniente dal cielo, il ponte non poté tuttavia resistere alle mine dei guastatori. Esse furono così sapientemente collocate che in pochi minuti ridussero l'immensa costruzione in un lungo ammasso di macerie, cambiando improvvisamente il paesaggio. Rimasero in piedi soltanto alcuni monconi di pile e due arcate sconnesse. La travata metallica, pesante 230 tonnellate, precipitò dall'altezza di 90 metri nel fondo del vallone, dove le acque di piena ne completarono la distruzione. [...] Passata la bufera e tornati gli uomini alle opere di pace, nel 1948 venne decisa la ricostruzione della grande opera. Valenti specialisti si misero al lavoro per progettare il nuovo ponte. La tecnica moderna consigliò di adottare archi sottili in cemento, poggianti su pile più snelle e slanciate, e di sostituire la travata centrale metallica con un leggero impalcato sostenuto da un grande arco in cemento armato di 64 metri di luce. I calcoli, i disegni e il modello permisero di giudicare la stabilità e l'estetica dell'opera prima che essa fosse costruita. Verso la fine del 1948 ebbero inizio i lavori con l'impianto del cantiere e si cominciò a preparare il pietrame per le fondazioni e per le murature. [...] Fu necessario interrompere l'abisso costruendo un cavalletto provvisorio in cemento armato lungo circa 40 metri.

(Estratto da: *Il ponte di S. Spirito*, documentario a cura della Direzione generale delle Ferrovie dello Stato, fotografia di Gastone Antonelli, regia di G. Riccardi, 1950).

Ci sarebbero tante altre storie di ponti ferroviari distrutti e ricostruiti con metodi insoliti, come poi li descriveranno gli americani: il ponte sul Ticino a Sesto Calende, bombardato alla fine di settembre del 1944; il ponte S. Spirito a Isernia, che era metallico e sarà sostituito da una grande arcata di cemento armato.

Ma, finiti i ponti ferroviari più importanti, ci sono da ricostruire migliaia di ponti stradali.

La ricostruzione dei ponti sulle strade statali è affidata all'ANAS (che sostituisce la fascista AASS), del resto si occupa il Ministero dei Lavori Pubblici direttamente. Gli ingegneri, lo abbiamo detto, sono tutti quelli disponibili sul territorio.

Ma le imprese? Quelle non ci sono, non in numero sufficiente: c'è troppo lavoro da fare, e poi sparso su tutto il territorio italiano, da nord a sud. E così le ditte si improvvisano: spesso senza attrezzature, guidate da uomini sicuramente pieni di buona volontà ma certo non esperti. Dalla documentazione conservata nelle Camere di Commercio si comprende come alcune ditte, che si costituiscono in quel momento, proprio per partecipare alle gare di appalto, possano vantare magari un camion e un piccolo appartamento di proprietà per garantire i prestiti delle banche: ma non hanno curriculum o direttori tecnici o operai specializzati o macchinari propri. Spesso queste imprese familiari sono poi cresciute e sono diventate brave, grandi, negli anni del boom magari contribuendo alla costruzione di capolavori come i ponti dell'Autostrada del Sole, ma non sono poi sopravvissute alla crisi della metà degli anni sessanta quando tutto è cambiato, quando sono «scomparse le lucciole», come scrive Pasolini. Queste imprese per lo più non hanno lasciato archivi e quindi documentazione relativa alla costruzione di tutte queste loro prime opere eroiche. Quindi è molto difficile oggi capire come sono state realizzate.

Mentre nelle ferrovie si privilegia la travata reticolare, per ricostruire i ponti stradali vanno bene tutte le tipologie, bisogna adattarsi al territorio e a quello che sanno fare le ditte: l'acciaio è vietato perché quel poco che c'è è riservato, appunto, alle ferrovie. E allora si progettano tradizionalissimi ponti ad arco in pietra, ma oltre certe luci serve il cemento

armato. In genere la popolazione era affezionata al ponte distrutto: lo vorrebbe identico a quello perduto, anche se anacronistico; e poi costerebbe troppo rifarlo di pietra: allora qualche volta gli ingegneri, con il budget minimo che hanno a disposizione, si inventano soluzioni ingannevoli: il ponte sembra un arco ma invece il comportamento è un altro, magari è una travata sagomata come un arco all'intradosso o addirittura un telaio a due cerniere, ben rivestito di lastre sottili di pietra.

Poi c'è spazio per soluzioni nuove: alcune, protette da brevetti d'invenzione e spacciate per rivoluzionarie, non andranno oltre una sola applicazione, quasi un prototipo; si afferma invece il cemento armato precompresso, sperimentato in laboratorio prima della guerra, e che durante la ricostruzione trova terreno molto fertile: le travi in precompresso possono essere più sottili, quindi più economiche, si consuma meno acciaio per l'armatura, i cantieri sono più veloci. L'Italia è tra i primi paesi al mondo ad autorizzare la costruzione di ponti in cemento armato precompresso: se ne completano alcuni già nel 1950.

Come per le linee ferroviarie, ci sono da rifare strade importanti: le prime autostrade per esempio, quelle realizzate da Piero Puricelli durante il fascismo: lungo l'autostrada Bergamo-Brescia la campata centrale del ponte sull'Oglio a Palazzolo è stata colpita in pieno e viene ricostruita a dicembre 1946 dalla stessa ditta, la Fratelli Ragazzi, che aveva realizzato l'originale. Anche le consolari sono state colpite: l'Aurelia passa ancora oggi sul ponte di Calignaia, ricostruito dopo una gara bandita nell'ottobre 1948, e vinta dall'impresa Droghetti e Masotti con un bel progetto di Vittorio Cobianchi, un arco cavo di ben 102 metri di luce completato il 30 ottobre 1950; e invece, un chilometro più a nord, la stessa Statale passa sul ponte di Calafuria, 80 metri di luce, progettato seguendo l'originalissimo brevetto dell'ingegnere Andori, che muore

nel 1949 e forse non vede neanche completata la sua opera: una strana capriata a ventaglio, rinforzata da tiranti verticali, sul cui funzionamento statico ci si interroga sin dal 1956 quando, per via della corrosione delle armature dovuta all'aggressione del mare, subisce un primo restauro: ancora oggi ogni tanto ci sono lavori di intervento sullo strato superficiale del calcestruzzo ma il ponte è ancora quello, brevetto Andori.

In Italia le truppe alleate serrano sempre più su Firenze, nonostante la tenace resistenza nemica. Le truppe americane, appoggiate da reparti britannici della Guardia, sono entrate nei sobborghi della città nelle prime ore di ieri. Pattuglie esploranti spintesi innanzi per prendere contatto con il nemico hanno constatato che 5 dei 6 ponti sull'Arno erano stati distrutti. Uno di essi, il Ponte della Trinità, era una delle più perfette opere d'architettura del Rinascimento.

Qui Radio Firenze, questa è la voce di Firenze liberata.

(Estratto da: *Firenze 1944*, documentario sonoro di Amerigo Gomez e Victor De Sanctis, 1954).

La ricostruzione dei ponti urbani si rivela ancora più delicata. I ponti di Firenze, tutti tranne Ponte Vecchio, sono stati distrutti dalle mine dei tedeschi in una gigantesca esplosione la notte tra il 3 e il 4 agosto 1944, nel tentativo di rallentare l'avanzata alleata. La ricostruzione dei ponti più importanti, quelli storici, è oggetto di grande dibattito: intanto si ricollegano le sponde con travate Bailey appoggiate sui monconi nel fiume. Per quelli più nuovi, ottocenteschi, si procede senza troppe discussioni. Per esempio il ponte San Niccolò, all'epoca l'ultimo a monte rispetto al centro storico, distrutto anch'esso dai tedeschi, è oggetto di gara già nell'agosto 1946. La gara la vince la ditta SPER, che in realtà è un'associazione temporanea tra due imprese troppo piccole per aggiudicarsi da sole il lavoro: la Bajocchini Cinti

Rinversi e la Fratelli Giovannetti, con un progetto però di Riccardo Morandi: un arco ribassato di cemento armato, di 91 metri di luce, disarmato il 5 ottobre 1948, che scavala ancora oggi con una sola luce l'Arno.

Anche a Pisa i cinque attraversamenti dell'Arno sono stati sacrificati dai tedeschi in fuga. Qui il dibattito sulla ricostruzione del ponte di Mezzo è molto acceso. Si fa un referendum popolare per individuare una soluzione condivisa: i pisani sceglierrebbero un ponte a tre arcate, come quello che c'era prima, ma il Ministero alla fine decide per un arco in cemento armato a unica luce, che facilita il deflusso delle acque del fiume già invaso dalle macerie. Il nuovo ponte è completato il 15 settembre 1949: progettato da Giulio Krall, costruito dalla Ferrobeton che è una delle poche grandi ditte ancora presenti in Italia: è un telaio a tre cerniere con sistema Melan ma rielaborato da Krall, che finge però molto bene di essere un ponte ad arco in pietra. E ancora oggi sopporta, oltre all'intenso traffico urbano, il combattimento tra i giocatori di Tramontana e di Mezzogiorno, nella rievocazione storica medievale di fine giugno, senza sembrare fuori posto.

E intanto l'Italia diventa un gigantesco laboratorio a cielo aperto per gli ingegneri che sperimentano tipologie inedite. I tanti piccoli ponti in cemento armato precompresso per il momento sono riservati a zone un po' nascoste, magari in campagna: il primo ponte di Morandi è sull'Elsa a Canneto, vicino Empoli, 40 metri di luce; poi il ponte sul Samoggia a San Giovanni a Persiceto di Giuseppe Rinaldi, di 24 metri di luce; il viadotto sul Piave a Vallesella progettato da Carlo Pradella. Tutte strutture pionieristiche in cemento armato precompresso, spesso con sistemi appena brevettati, che hanno in comune l'anno di collaudo, il 1950, e il fatto di essere ancora operative, ancora oggi utilizzate.

Tra le sperimentazioni più belle, il ponte ad arco sottile e impalcato irrigidente, così si chiama, è stato importato in Ita-

lia dalla Svizzera dove lo ha inventato un grande ingegnere, Robert Maillart. L'arco è sottile sottile, sembra una fune e invece tiene l'impalcato dove passano le macchine che è piuttosto spesso: è praticamente come se prendessimo un ponte sospeso e lo ribaltassimo, sotto sopra.

Poi venne il grande sterminio. Più di 4.700 ponti crollati per uno sviluppo di centinaia di chilometri e quello di Fornero sul Taro copriva da solo 700 metri. [...] Sul deserto del greto, gli archi del ponte, come gobbe di dromedario, fanno le ossa. Si vestono di carne e di pelle. Potenti gru, guide scorrevoli trasferiscono le centine lungo il procedere del lavoro. Su di esse nascono gli archi di cemento.

(Estratto da: *Il ponte*, documentario edito dal Ministero dei Trasporti, a cura della Direzione generale delle Ferrovie dello Stato, musica di Carlo Innocenzi, regia di Pietro Benedetti, 1948).

Il più spettacolare di questi ponti ad arco sottile è a Genazzano, vicino Roma: collega il Castello Colonna con il giardino. Sostituisce un ponte-acquedotto pedonale ad archi murari distrutto dai bombardamenti nel 1944: non sappiamo nemmeno chi è il progettista.

Invece i primi a progettare un ponte stradale con questa soluzione sono Arrigo Carè, Giorgio Giannelli e Giulio Ceradini. Ceradini è stato in Svizzera durante la guerra e ha visto i bei ponti di Maillart. Così, quando torna, coinvolge i suoi compagni di corso a progettarne uno: hanno trent'anni, poi diventeranno tra i più bravi ingegneri del periodo del boom. Intanto realizzano, nel 1947, un ponte sul Nera, vicino Terni, e poi un ponte sul Frigido a Massa Carrara, in zona San Leonardo, che ancora oggi supertrafficato stupisce con il suo arco sottilissimo.

Poi ne disegnano altri di ponti: uno sul fiume Magra, sulle rovine di un ponte famoso, aperto al traffico nell'ottobre 1908, il più lungo d'Europa in cemento armato al

momento della costruzione, progettato da Attilio Muggia. I tedeschi non si erano fatti impressionare dal cemento armato e lo avevano minato nel 1944, spezzando alle reni le cinque arcate di 50 metri di luce. Erano rimaste in piedi solo le pile, con fondazioni profondissime, realizzate all'epoca con la tecnica ad aria compresa. La stessa ditta che aveva costruito il ponte originale, la Nino Ferrari, vince la gara per la ricostruzione: con una bella sequenza di archi a tre cerniere disegnati dai nostri tre ingegneri e impostati sulle pile sopravvissute. Viene inaugurato a ottobre del 1949.

Poi, l'8 aprile 2020 questo ponte è crollato: scarico, per fortuna, perché la quarantena da coronavirus lo aveva svuotato dal traffico e così non ci sono state vittime.

Certo quel ponte aveva una bella storia da raccontare, così come tutti i ponti della ricostruzione: quel patrimonio di migliaia di ponti ricostruiti alla fine della guerra, per «risarcire» le ferite inflitte sul territorio dai guastatori nazisti e dai bombardamenti alleati.

Un patrimonio che racconta un momento storico drammatico ma anche l'incredibile energia che ha consentito all'Italia di rinascere e poi di crescere fino agli anni del miracolo economico. Un patrimonio che racconta l'impegno di uomini «in divisa» (ingegneri, impresari) che inventano soluzioni geniali, innovative, piene di fiducia nel futuro; raccontano dei protagonisti che ci condurranno ai più alti livelli nel panorama dell'ingegneria mondiale nel decennio successivo, definendo i tratti identitari della Scuola italiana di ingegneria, che assume d'ora in poi una dimensione collettiva. E poi questi ponti sono bellissimi: ognuno di loro merita un viaggio, in giro su e giù per questa terra magnifica che è l'Italia.

Ma ce ne dobbiamo occupare di questi ponti, dei ponti della nostra storia: devono continuare a raccontare solo storie belle!

5. Il bombardamento dei ponti sul Po



Ponte alle Grazie a Firenze distrutto dai guastatori tedeschi la notte tra il 3 e il 4 agosto 1944 (fondo IWM, Archivio SIXXI).

6. Ferdinando Innocenti

Il 21 giugno 1966 muore Ferdinando Innocenti. Innocenti è un cognome che ci racconta tante storie diverse: prima di tutto, Innocenti come il ponteggio Innocenti, o più popolarmente il «tubo Innocenti», cioè quell'impalcatura che montiamo davanti alle facciate delle nostre case per ridipingerle, diffusissimo ancora adesso anche se viene commercializzato con un altro nome; poi, Innocenti come la fabbrica che produceva la Lambretta, il mitico scooter degli anni cinquanta; e poi, Innocenti come la piccola city car, la mini Innocenti, che magari ricordiamo nella grintosa versione «de Tommaso».

Ferdinando Innocenti è proprio l'imprenditore che ha inventato e poi messo in produzione tutte queste idee. Idee quasi mai del tutto originali: c'è sempre un prototipo straniero a cui Ferdinando si ispira ma la sua genialità sta proprio nella capacità di tradurre quel prototipo straniero in un prodotto che parla italiano, che è adatto al mercato italiano e che è facilmente realizzabile in Italia.

- Pochissimi conoscono il volto dell'ingegner Ferdinando Innocenti. Sappiamo poche cose di lui, perché è molto restio, parla poco con i giornalisti e si fa pochissimo

fotografare. Sappiamo che è toscano, di Pescia, che è di famiglia povera e che venne a Milano molto tardi, nel 1931, mi pare. Sappiamo anche che fece i suoi primi esperimenti di imprenditore, non nel campo industriale, ma in quello agricolo, cioè cominciando con il comprare, con l'allevare due piccioni, mi pare. Come avvenne questo fatto, questo suo esordio?

- Ero ospite di miei zii a Pescia. In quell'occasione, in quell'anno, i miei zii mi davano due centesimi al giorno.

- Il duino?

- E con questi primi denari arrivai ad accumulare una lira e venti. Comprai due piccioni. Poi cominciai a coltivare questi due piccioni, fino al punto di averne 60. Costruì una piccola piccionaia sul tetto. Poi questi miei zii avevano un pezzetto di terra, pochi metri, e lì cominciai a coltivare grano turco. Era un po' difficile e anche un po' pesante, in quanto dovevo andare a prendere l'acqua nel fiume per portarla su, con dei recipienti. E coltivai abbastanza intensamente questo campo, in modo da poter avere il grano turco sufficiente.

- Andò bene il primo esperimento? Lei quanti anni aveva allora, quando faceva l'allevatore di colombi?

- Nove anni.

- Poi lei, se non erro, andò a stabilirsi a Grosseto, dove studiava e faceva il fabbro.

- Esattamente. A 14 anni andai a Grosseto, e lì lavoravo in una piccola officina di fabbri, e ho continuato per alcuni anni a fare questo lavoro. In questa officina costruivo dei paletti per le porte, delle inferriate per le finestre, e poi il sabato andavo a vendere al mercato. E questo mi dava il frutto sufficiente e necessario per poter mantenere la famiglia e poter studiare.

Nella meccanica sono entrato successivamente

- Con i tubi: arriviamo ai famosi tubi Innocenti, senza saldatura.

(Estratto audio da Archivio Teche Rai).

La storia di Ferdinando è quella di un uomo che si è fatto da solo. Nato il 1° settembre del 1891, a Pescia, in Toscana, già a 15 anni affianca il padre nel negozio di ferramenta aperto a Grosseto.

Poi a 30 anni, con in tasca un piccolo gruzzolo frutto di compra-vendite fortunate, ma troppo ben indagate, si trasferisce a Roma e fonda con il fratello una rivendita di tubi in acciaio. La sede è al Porto fluviale, vicino a Testaccio. I tubi sono prodotti con il brevetto Mannesmann, cioè sono tubi senza saldatura: quindi fabbricati non arrotolando e saldando una lamiera, ma laminati a caldo, a partire da un lingotto, che passa attraverso una macchina con una serie di rulli, secondo appunto il brevetto tedesco. In Italia questi tubi vengono fabbricati dalla Dalmine, vicino Bergamo. Oltre a venderli o affittarli, con i tubi senza saldatura Ferdinando progetta e mette in opera impianti di innaffiamento o piccoli manufatti tipo ringhiere, lampioni, o cose simili. Il commercio va bene ma è piccola cosa per l'ambizioso Ferdinando.

Alla fine degli anni venti, grazie all'aiuto di alcune amicizie alla Dalmine, Ferdinando ha l'occasione di conoscere un brevetto depositato da un tecnico inglese: è un piccolo aggeggio di metallo, un morsetto, un *clamp* in inglese, che consente di collegare due tubi in posizione ortogonale tra di loro. Grazie a questo *clamp*, tanti tubi possono essere combinati insieme a formare delle intelaiature. Questi castelli di tubi metallici potrebbero sostituire facilmente il ponteggio di legno comunemente usato in quel periodo nei cantieri edili. Il vantaggio di costruire un ponteggio provvisorio usando tubi e giunti metallici si può capire facilmente: il ponteggio di tubi e giunti è fatto di pezzi già pronti, quindi le parti che devono essere mai tagliate o chiodate o collegate con soluzioni ad hoc; si monta facilmente e altrettanto facilmente si smonta e si recupera tutto il materiale e quindi si può riutilizzare mille volte, in mille disegni differenti; e poi i tubi di acciaio sono molto più leggeri e anche molto

più resistenti dei pali di legno, si deformano molto di meno, risentono molto di meno delle intemperie. Insomma, il ponteggio tubolare metallico ha decisamente un mercato interessante nell'edilizia, e Ferdinando decide di conquistarla. E lo fa intanto depositando un nuovo brevetto, una sua invenzione: un giunto alternativo a quello inglese, sul quale chiede i diritti il 6 febbraio 1934.

Il giunto Innocenti è completamente diverso da quelli già presenti sul mercato. Certamente è molto più complesso e quindi anche più costoso da produrre, ma questo poco importa perché, essendo recuperabile e riutilizzabile infinite volte, il costo iniziale si ammortizza rapidamente.

È un oggetto piccolo ma geniale. Proviamo a immaginarci com'è fatto.

Intanto sta tutto in una mano: queste sono più o meno le dimensioni. I tubi che vogliamo collegare sono di 5 centimetri di diametro, quindi poco più grandi di una pallina da ping-pong, e sono lunghi fino ad un paio di metri.

Il giunto è composto da un pezzo centrale, il nucleo, formato da due parti concave, due mezzi cilindri, saldati insieme ma ruotati di 90 gradi: questi servono ad alloggiare i due tubi ortogonali, a tenerli in posizione. Poi ci sono due cappelli, sempre concavi, due mezzi gusci cilindrici, che si mettono sopra ai tubi, nella parte lasciata scoperta dal nucleo. In questo modo il nucleo e i cappelli abbracciano completamente il tubo, lo circondano. I cappelli si collegano al nucleo con dei bulloni speciali: si chiamano bulloni-cerniera, a forma di T, che restano sempre connessi al nucleo, non si possono perdere durante il montaggio. In tutto sono solo tre pezzi di acciaio e 4 bulloni a T: semplicissimo, ma geniale.

Staticamente, il giunto funziona per attrito: cioè il nucleo e i cappelli creano – intorno ai tubi che si vogliono collegare – una specie di guanto, un abbraccio metallico che viene stretto, viene serrato dai bulloni. Lo scorrimento

del tubo all'interno è impossibile, per effetto dell'aderenza fra il tubo e questo abbraccio del nucleo e dei cappelli. Così risponde benissimo a tutte le sollecitazioni. E poi per il montaggio basta un solo operaio, che da solo riesce a fare tutto, perché tutto è a sua misura, a misura di un uomo. Mentre i giunti già in commercio ne richiedevano due, se non tre, di operai: uno o due a tenere fermi i tubi mentre l'altro serrava il morsetto.

Insomma, quello inventato da Innocenti è un gioiellino, un attrezzo fantastico. E nel tempo poi il giunto si perfeziona, si arricchisce di tante varianti: così c'è la versione per collegare i tubi in parallelo, per poter creare ponteggi più robusti; oppure per collegarli in testa, per allungare il tubo; oppure per collegare tubi inclinati di 45° invece che di 90°, e poi tutta una serie di altri accessori.

L'invenzione ha un successo straordinario. Prima di tutto nell'edilizia corrente, proprio il settore che aveva stuzzicato Ferdinando: il sistema si comincia ad applicare nei ponteggi per la costruzione dei palazzi già dalla fine degli anni trenta, e scalza rapidamente il ponteggio di legno. Innocenti impianta la «fabbrica dei giunti» a Lambrate, nell'area di Milano, sul fiume Lambro. E da qui conquista prima il mercato milanese e poi tutto quello italiano.

Il successo più imprevedibile, il ponteggio Innocenti lo ottiene però grazie a Mussolini e grazie alle folli operazioni di propaganda della politica fascista, alla base della conquista del consenso.

Mussolini, come è noto, soprattutto nel secondo decennio al potere, ha continuamente bisogno di esibizioni grandiose. Ma deve fare i conti con le pochissime risorse economiche a disposizione. Così, spesso, semplicemente bara! E si fa costruire scenografie al posto di edifici veri: architetture *fake*, per usare un'espressione di moda, tenute su proprio da tubi e giunti Innocenti, rapidissime da montare e ovviamente molto più economiche di un edificio reale.

Di queste enormi scenografie, se ne costruiscono tantissime. E passi finché si tratta di palchi temporanei per arringare la folla, oppure di giganteschi archi di trionfo, come quello a forma di M allestito all'imbocco di via Nazionale per salutare il rientro del Duce dal viaggio in Germania, alla maniera degli imperatori romani, nemmeno avesse conquistato il mondo. Oppure se i ponteggi servono a raddoppiare i posti a sedere nello Stadio di Roma che ospita la finale dei Mondiali del 1934, i primi vinti dall'Italia.

Ma il colmo si raggiunge quando per accogliere l'arrivo di Hitler in visita a Roma, il 3 maggio 1938, si costruisce un'intera stazione ferroviaria, nel quartiere Ostiense, fatta tutta di tubi e giunti Innocenti accuratamente nascosti dietro a pannelli di cartone dipinti a finto travertino, appesi ai tubi stessi. Trilussa ricorderà questo episodio con il celebre: «*Roma de travertino, rifatta di cartone, saluta l'imbianchino, suo prossimo padrone*». Nemmeno a Cinecittà, per altro appena fondata e che in seguito utilizzerà moltissimo il ponteggio Innocenti, si era arrivati a costruire un'opera così grande e realistica. E nessuno si accorge di niente.

Intanto l'Urbe ha preparato per il Führer un addobbo nel quale il fasto si unisce alla più maestosa semplicità: fascio littorio alla croce uncinata. Si intrecciano nel vento i colori delle due nazioni. Alla stazione Ostiense il Duce accompagnato dal Ministro degli esteri conte Galeazzo Ciano accoglie Sua Maestà il Re imperatore.

Annunciato da un colpo di cannone ecco il treno del Führer, che viene salutato dagli squilli di "Attenti!" e dalle grave noti dell'inno germanico. È il momento solenne dell'incontro tra il Führer della nuova Germania, il Re imperatore e il Duce fondatore dell'Impero.

(Estratto audio da: *Il viaggio del Fuhrer in Italia, 1938*, Archivio Istituto Luce).

Quando il Führer se ne va, si smonta tutto e si costruisce la stazione vera, identica nell'immagine a quella finta ma questa volta ben stabile, con pilastri e travi di cemento armato e rivestita di pietra, vera, così da far perdere anche la memoria di quel clamoroso bluff fascista.

E questo succede proprio durante gli anni dell'autarchia, quando l'acciaio nelle costruzioni non si può nemmeno nominare. Dopo la conquista dell'Etiopia la Società delle Nazioni ci ha imposto sanzioni rigidissime che ci impediscono di comprare sui mercati esteri l'acciaio appunto, che serve per la guerra. E quindi il poco acciaio di produzione italiana viene dirottato verso l'industria bellica. E mentre la propaganda fascista promuove l'autarchia, e quindi l'impiego di materiali nazionali, di improbabili leghe di alluminio, o il ritorno al mattone, per le sue ridicole sceneggiate il Duce accetta l'uso del proibitissimo, anti-autarchico acciaio, avviando anche la fortuna del ponteggio Innocenti. E il 26 novembre 1939 Ferdinando è nominato Cavaliere del lavoro, per il suo «magico» giunto che ha risolto tanti problemi.

Comunque, il ponteggio Innocenti si riscatta ben presto da questo uso grottesco.

Proprio negli anni della guerra, i ponteggi Innocenti servono a proteggere le nostre opere d'arte dai bombardamenti: sono migliaia gli affreschi nelle chiese, le statue o le fontane nelle piazze, le colonne romane nel foro, e più in generale le architetture preziose e delicate, che però non si possono spostare in nessun modo, che vengono protette dalle bombe montandogli intorno dei bunker su misura, realizzati con i ponteggi Innocenti: quindi impalcature di tubi, a doppio strato, a formare una griglia saturata, riempita da sacchetti di sabbia, che assorbiranno l'effetto dirompente dell'esplosione delle bombe.

C'è un altro impiego dei ponteggi Innocenti, destinato ad entrare nella storia della costruzione. Il tubo-giunto

Innocenti serve infatti a costruire tutti i ponti ad arco e le grandi volte e le grandi cupole che hanno reso famosa l'ingegneria strutturale italiana tra gli anni quaranta e gli anni sessanta del Novecento, gli anni del boom dell'ingegneria che coincidono con gli anni del miracolo economico.

Il tubo Innocenti è il protagonista invisibile della Scuola Italiana di Ingegneria. Invisibile perché queste strutture sono state smontate subito, alla fine del cantiere e oggi non si vedono più: ce le possiamo però immaginare, come fossero ancora lì, al loro posto, perché magari qualche incantesimo le ha fatte diventare invisibili! Sono belle, gigantesche, eleganti. Intrecci ordinati di tubi cuciti da migliaia di giunti. I tubi sono composti per lo più «a ventaglio», cioè sono appoggiati a terra su pochi punti e poi si allargano, come ventagli, tutto a sbalzo, fino a coprire in larghezza luci oltre i 250 metri, enormi, e in altezza, su su fino al cielo, 90-100 metri, maestose.

Sono veri e propri capolavori di ingegneria, e sono le «prime donne» di cantieri epici, il cui successo dipende esclusivamente dalla stabilità di queste centine e dalla loro versatilità, dalla possibilità di essere montate anche in situazioni estreme, su fiumi impetuosi, con soluzioni ingegnosissime alcune volte.

Auto nuove per nuove strade, sulla levigata fettuccia dell'Autostrada del sole che allunga il passo verso Roma i due tronconi già in funzione stanno saldandosi sopra la corrente del Po con il nuovissimo ponte di 1176 metri saldo sulle sue 16 campate che affondano per 30 metri nel greto del fiume.

La larghezza sarà di oltre 18 metri. Si tratta di un'opera gigantesca del peso di 35.000 tonnellate d'acciaio e cemento. Entro tre mesi si concluderanno i lavori del nuovo ponte ma oggi al completamento delle campate l'onorevole Donatini, presidente dell'autostrada, può dare l'avvio alla bandega, la meritata festa delle maestranze con buon lambrusco e sa-

lame. Per gli automobilisti già pronti a lanciare i loro bolidi, un solo assillo: il prezzo del pedaggio!

(Estratto audio da: *Terminato il ponte sul Po per l'autostrada del Sole*, 20/03/1959, Settimanale Ciac / SC535, Archivio Istituto Luce).

Ci sono almeno due avventure costruttive italiane che devono il loro successo al ponteggio Innocenti.

Una è l'Autostrada del Sole: come è stato possibile costruire in appena 8 anni, sugli 800 chilometri di autostrada, ben 400 ponti? Grazie al ponteggio Innocenti! Il primo ponte, per esempio, quello sul Po, che non è un arco ma è una trave precompressa, è stato gettato su un ponteggio Innocenti fatto di tanti piccoli ventagli, bassi, ripetuti, affiancati; e poi tutti i bellissimi archi della Transappenninica, tra Bologna e Firenze: il ponte sul Sambro, quello sul Gambellato, quello sull'Aglio, ma poi dopo anche, oltre Firenze, i ponti di Incisa e quello di Levane prevedono tutti prima la costruzione di questi ordinatissimi castelli di tubi e giunti Innocenti, belli quasi più dei ponti che poi ci si costruiscono sopra!

Le incastellature sono attentamente calcolate, soprattutto con metodi di statica grafica. Alcune volte le centine sono progettate in modo da essere traslabili: per esempio quella per costruire il ponte sull'Aglio, per l'Autosole, viene fatta scivolare lateralmente su una rotaia per ben 13 metri, in modo da poter costruire due archi gemelli, affiancati, usando però la stessa centina senza smontarla e rimontarla, semplicemente spostandola a mano, con degli argani.

Questi intrecci sono incredibilmente fotogenici, e hanno fatto la gioia di tanti fotografi di ingegneria ma anche più in generale di costume, come Tullio Farabola, Guglielmo Chiolini, i Giacomelli, che a questi ricami di tubi hanno dedicato molti scatti in bianco/nero, che oggi rappresentano l'unica

memoria di questi capolavori.

Tra i tanti ponti costruiti con spettacolari centine Innocenti bisogna ricordare anche l'arco dei record costruito da Riccardo Morandi sulla Fiumarella, a Catanzaro, ma anche il ponte sul Basento a Potenza, più tardo, una forma complicata, una «forma senza nome» la cui cassaforma è appoggiata ancora una volta su ventagli di tubi e giunti Innocenti. Opere che non sarebbero state possibili senza questa invenzione italiana, tanto che i tecnici della Innocenti lavorano fianco a fianco ai progettisti dei ponti: trovano insieme le soluzioni, sperimentano, adattano il sistema, inventano.

Il presidente della Repubblica visita gli impianti sportivi in costruzione per le Olimpiadi del '60. Lo accompagna il presidente del CONI con i ministri Andreotti, Togni e Tupini. Nella zona dell'EUR prima sosta al Palazzo dello Sport. Il modernissimo edificio è una delle opere più impegnative dopo lo Stadio Olimpico. Accanto ad esso sta sorgendo il velodromo che avrà la pista più scorrevole e quindi più veloce del mondo. Si intuisce già nella costruzione la snellezza del nastro curvato sul quale scatteranno i velocisti. Il capo dello Stato visita poi lo stadio del nuoto che viene costruito al Foro Italico.

Già sultimato il rifatto stadio Torino al Flaminio, un gioiello per il calcio e per l'hockey su prato. Al villaggio olimpico Giovanni Gronchi elogia organizzatori e costruttori per queste opere di pace nel nome della fratellanza sportiva.

(Estratto audio da: *Aspettando le Olimpiadi del '60. Gronchi visita gli impianti olimpici in costruzione*, 11 marzo 1959, La Settimana INCOM / 01744, Archivio Istituto Luce).

Ma il ponteggio di Ferdinando non serve solo a costruire ponti: l'altra avventura di cui si rende protagonista è quella della costruzione degli impianti sportivi per le Olimpiadi di Roma 60, in particolare le grandi cupole del Palazzetto e del Palazzo dello sport di Pier Luigi Nervi.

Nervi aveva inventato un sistema tutto speciale per costruire le sue cupole: per esempio quella del Palazzetto dello Sport, al Flaminio, 60 metri di diametro. Aveva scomposto la cupola in 1620 pezzi diversi, ottenendo una specie di puzzle in tre dimensioni: i pezzi erano stati tutti prefabbricati a terra, di un materiale leggero che aveva inventato lo stesso Nervi, il ferrocemento. Adesso però per ricomporre tutti i pezzi e montare la cupola serve un ponteggio: appunto, un enorme ponteggio Innocenti fatto di migliaia di tubi e giunti. Se avesse usato un ponteggio di legno sarebbe costato troppo, avrebbe dovuto fare un altro tipo di cupola: invece così non lo deve nemmeno comprare, il ponteggio, lo affitta direttamente dalla Dalmine-Innocenti, per due mesi, e poi lo restituisce. Gran parte del successo del sistema inventato da Nervi, il cosiddetto Sistema Nervi, si basa proprio sulla possibilità di usare questo speciale ponteggio tubolare, tutto italiano.

La verità è che il sistema tubo/giunto Innocenti è un giocattolo dalle mille vite e dalle mille applicazioni possibili nel cantiere italiano del dopoguerra: è semplicemente perfetto per quel cantiere. Perché per montarlo bastano uomini, magari tanti ma uomini, nessuna macchina, solo operai capaci di fare poco e niente: praticamente collegare 2 tubi serrando 4 bulloni, non tanto difficile. Il ponteggio Innocenti fa dunque la sua parte nell'obiettivo principale di quei cantieri, che non è solo costruire ma è combattere la disoccupazione.

Poi però qualcosa va storto. Un ponteggio crolla. Si sta costruendo il ponte sul Lora, sempre per l'Autostrada del Sole: recitano le cronache d'epoca che «è stata questione di un attimo poi il superbo traliccio di tubi di ferro si è ripiegato, sfaldato, dissolto come un castello di carte». E ha travolto quattro operai, uccidendoli.

Che cosa è successo? Un concorso di colpe: modifiche non previste in cantiere, eccessi nella progettazione (il ponteggio

è troppo alto e troppo snello), un po' di sfortuna nei tempi del getto, proprio mentre altri operai rinforzavano il castello di tubi. Tant'è che la fiducia nel ponteggio comincia a vacillare. Ma l'incidente è segnale anche di un altro fenomeno. È il segnale che il tempo dell'arco sta finendo: il ponte sul Lora non è un ponte ad arco ma un ponte a pile alte e travata rettilinea, un tipo di ponte che si è molto diffuso in Europa e che ormai sta conquistando anche l'Italia. Il ponteggio Innocenti prova ad adattarsi anche a questa tipologia ma non ci riesce. Per costruire quel tipo di viadotto, il ponteggio Innocenti non va più bene: si deve costruire nel vuoto, senza puntellarsi a terra, usando macchine, macchine nuove, macchine inventate all'estero, che si cominciano ad importare anche da noi.

E poi il costo del lavoro ormai sale. E quegli operai che prima, a magliaia, come formichine salivano e scendevano dai ponteggi, a montare e smontare giunti, ormai sono diventati troppo preziosi e non conviene più utilizzarli in massa in cantiere: meglio le macchine.

E i grandi ventagli di tubi e giunti finiscono in soffitta, insieme al ponte ad arco.

Oggi professori che inventiamo? Inventiamo l'automobile.

Ma l'hanno già inventata? E l'hanno parcheggiata? No.

Allora sorvoliamo.

E che inventiamo, che inventiamo? Inventiamo il treno.

Ma l'hanno già inventato e mi dicono che è affollato. E allora sorvoliamo.

E che inventiamo, che inventiamo?

Inventiamo qualcosa che ti faccia strabilir, un cocktail fatto di genialità, di dinamismo, di eleganza, di potenza. Tutto quello che può darti la felicità. Prendiam due ruote e le mettiamo qua. Un bel motore che veloce va. Poi ci mettiamo un bel fanale ed un clacson dalla voce originale che ti fa beep beep, in ogni strada, in ogni strada suonerà beep beep.

Scooter linea, nuova linea porterà; freno a disco, freno a disco, novità. Mischiamo bene tutto quanto ed ecco qua, il motoscooter di gran qualità. Con sicurezza e con velocità in capo al mondo in un festoso girotondo, la Lambretta in allegria ti porterà.

E dopo la Lambretta che inventiamo? Inventiamo il lambret twist.

In gonnellino balli il lambret twist, con il codino balli il lambret twist, con le marancas tra le piante di banane nelle notti indiane, balli il lambret twist. Lambrettista, lambrettista, lambret twist. Tutti in pista, tutti in pista, lambret twist. Chitarrista, batterista, trombonista e persin contrabbassista, tutti insieme fanno il lambret twist, in riva al mare con il lambret twist, a lavorare con il lambret twist. Anche all'altare con la sposa puoi andare. Questo è l'anno in cui trionfa il lambret twist.

(Inserto musicale da: *Lambret Twist*, Quartetto Cetra, testo di Giacobetti-Savona, giugno 1962).

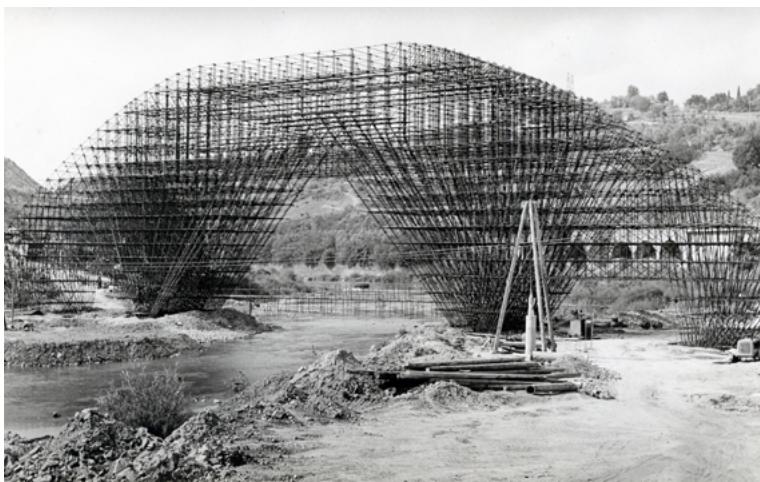
A dire il vero, Ferdinando nel frattempo si è messo a fare altro. Mentre il suo ponteggio conquista i mercati dell'edilizia residenziale e dell'ingegneria, lui con quello stesso tubo senza saldatura aveva modellato il telaio di una bicicletta a motore, la Lambretta, definita proprio «un tubo, con un motore e due ruote». Il nome Lambretta per via di Lambrate, dove sta ancora lo stabilimento.

Ispirata ai mezzi di guerra, paracadutati dagli alleati, disegnata «motoristicamente» dall'ingegnere Pierluigi Torre, la Lambretta entra in produzione già nel 1947 anche se il successo è di qualche anno successivo: l'idea di Innocenti è di motorizzare il Paese, quello che non si può permettere le automobili, nemmeno la Topolino. Così la Lambretta, senza carenatura, amatissima dai milanesi, entra subito in competizione con la Vespa, anche questa appena nata, e porta a spasso gli operai.

Però la storia della Lambretta è troppo bella, si merita un racconto a parte. Così come un racconto a parte si merita la storia della mini Innocenti, l'autovettura fortemente voluta dal figlio di Ferdinando, Luigi, che poi andrà in produzione dopo la morte del padre.

Questo racconto invece si accontenta della storia della prima invenzione di Ferdinando, il ponteggio tubolare Innocenti, un'idea così vincente da aver attraversato indenne tutto il Novecento e da essere ancora oggi in produzione. Oltre che nell'edilizia, l'invenzione di Innocenti ha avuto un ruolo fondamentale nella Scuola italiana di Ingegneria, contribuendo in maniera rilevante al suo successo internazionale negli anni del boom.

Un'idea che si meriterebbe un posto di rilievo in un museo del design industriale, magari proprio accanto alla Lambretta!



Centina Innocenti per la costruzione del ponte a Incisaper l'Autostrada del Sole, progettato da Silvano Zorzi e Giorgio Macchi, 1962-1964 (fondo Astaldi, Archivio SIXXI).

7. Le puntate di Wikiradio sulla Scuola italiana di Ingegneria

Questo è l'elenco delle puntate che ho curato per la trasmissione *Wikiradio*, elencate nell'ordine di data di messa in onda (a fianco il QRCode per ascoltare la puntata sulla piattaforma RaiPlay Sound).

Con l'asterisco, le puntate che sono raccolte a seguire in questo volume (poiché sono un'appassionata di cemento e privilegio sempre questo materiale nelle mie pubblicazioni, ho selezionato al contrario solo i testi che hanno a che fare con il ferro e con l'acciaio, inediti).



Pier Luigi Nervi, 9 gennaio 2017



L'Autostrada del Sole, 19 maggio 2017



Marcello Piacentini, 8 dicembre 2017



Il Ponte del Risorgimento, 11 maggio 2018



Ferdinando Innocenti, 21 giugno 2018 (*)



Il Ponte sul Tagliamento, 11 dicembre 2018



Riccardo Morandi, 25 dicembre 2018



Silvano Zorzi, 13 marzo 2019



L'autostrada Milano-Laghi, 26 marzo 2019



Sergio Musmeci, 28 maggio 2019



Il ponte sul Firth of Forth, 5 luglio 2019 (*)

7. Le puntate di Wikiradio sulla Scuola italiana di Ingegneria



Gustavo Colonnetti, 12 maggio 2020



Il bombardamento dei ponti sul Po, 15 luglio 2020 (*)



Arturo Danusso, 9 settembre 2020



Il ponte degli Scalzi, 28 ottobre 2020



Le dighe tipo Marcello, 10 dicembre 2020



Alfredo Cottrau, 23 giugno 2021 (*)



Torre Velasca, 25 ottobre 2024



Il Gazometro di Roma, 22 novembre 2024 (*)

Raccontare le strutture

Wikiradio è un programma di Loredana Rotundo, con la collaborazione, nel tempo, di: Antonella Borghi, Lorenzo Pavolini, Roberta Vespa, Marcello Anselmo, Natascia Cerquetti e Marzia Coronati.

Bibliografia di riferimento

- Iori, T. (2006), *L'Autostrada del Sole*, in A. Buccaro, G. Fabbri-
catore, L.M. Papa (a cura di), *Storia dell'ingegneria*, Napoli,
Cuzzolin editore, vol. 2, pp. 1111-1120.
- Ead. (2008), *Il boom dell'ingegneria italiana: il ruolo di Gustavo
Colonnelli e Arturo Danusso*, in S. D'Agostino (a cura di),
Storia dell'ingegneria, Napoli, Cuzzolin editore, vol. 2, pp.
1501-1510.
- Ead. (2009), *Pier Luigi Nervi Annibale Vitellozzi Palazzetto
dello sport a Roma, un prototipo ripetibile e a buon mercato*,
«Casabella», 782, ottobre, pp. 50-65.
- Ead. (2009), *Pier Luigi Nervi*, Milano, Motta Architettura.
- Ead. (2011), *La strada dell'unità nazionale. L'Autosole nella storia
costruttiva italiana*, in C. Andriani (a cura di), *Le forme del
cemento. Dinamicità*, Roma, Gangemi, pp. 8-21.
- Ead. (2011), *Poveri ma belli*, in G. Polin (a cura di), *Il paesaggio
dell'autostrada italiana*, Roma, Marchesi, pp. 42-61.
- Ead. (2011), *Pier Luigi Nervi, Marcello Piacentini e gli altri*, in
S. Pace (a cura di), *Pier Luigi Nervi. Torino, la committenza
industriale, le culture architettoniche e politecniche italiane*,
Milano, Silvana Editoriale, pp. 97-103.
- Ead. (2017), *L'apoteosi del Sistema Nervi. Il Palazzetto dello
sport*, in T. Iori, Poretti, S. (a cura di), *SIXXI 4. Storia dell'in-
gegneria strutturale in Italia*, Roma, Gangemi, pp. 66-75.

- Ead. (2020), *Il primo ponte in cemento armato a Roma. Il ponte del Risorgimento nel cinquantenario dell'Unità d'Italia*, «Archivio della Società Romana di Storia Patria», 143, pp. 329-350.
- Ead. (2020), *L'invenzione di Morandi*, in T. Iori, S. Poretti (a cura di), *SIXXI 5. Storia dell'ingegneria strutturale in Italia*, Roma, Gangemi, pp. 16-39.
- Ead. (2020), *I "ponti della ricostruzione": un patrimonio da salvaguardare*, «L'industria delle costruzioni», 473, pp. 2-13.
- Ead. (2022), *Gustavo Colonnetti tra positivismo e umanesimo*, in AA.VV., *Una coppia geniale. Laura e Gustavo Colonnetti nell'Italia del Novecento*, Torino, Fondazione Alberto Colonnetti Editore Onlus, pp. 89-106.
- Ead. (2022), *Sergio Musmeci and the calculation of the form*, in M. Emmer, M. Abate (eds), *Imagine Math 8 - Dreaming Venice*, Springer International Publishing, pp. 235-254.
- Ead. (2022), *Intervista (im)possibile a Sergio Musmeci, un visionario*, «Rassegna di architettura e urbanistica», numero monografico “Visioni strutturali”, 168, settembre-dicembre, pp. 8-17.
- Ead. (2022), *Il libro mai pubblicato*, in C. Zhara Buda (a cura di), *L'archivio Sergio Musmeci nelle collezioni del MAXXI Architettura. L'Inventario*, Roma, Edizioni Fondazione MAXXI, pp. 10-15.
- Ead. (a cura di) (2023), *InGenio. Idee visionarie dall'Archivio di Sergio Musmeci*, Quaderno del Centro Archivi del Maxxi Architettura, Roma, Edizioni Fondazione Maxxi.
- Ead. (2024), *L'avventura dell'Autosole nella storia dell'ingegneria strutturale*, in L. Borgonzoni, C. Sbarigia (a cura di), *L'Alba dell'Autostrada del Sole*, Milano, Electa, pp. 26-33.
- Ead. (2024), *La Torre Velasca nei documenti dell'archivio BBPR*, in C. Zhara Buda (a cura di), *L'archivio Studio BBPR nelle collezioni del MAXXI Architettura. L'inventario*, Quaderno del Centro Archivi del MAXXI Architettura, Roma, Edizioni Fondazione Maxxi, pp. 40-52.

- Iori, T., Alessandrelli, E. (2021), *I ponti truccati sul Canal Grande e sul Rio Nuovo*, in C.F. Kusch (a cura di), *Eugenio Miozzi. Venezia tra innovazione e tradizione 1931-1969*, Berlino, DOM Publishers, pp. 45-57.
- Iori, T., Argenio, F. (2020), *Claudio Marcello e le sue dighe*, in T. Iori, S. Poretti (a cura di), *SIXXI 5. Storia dell'ingegneria strutturale in Italia*, Roma, Gangemi, pp. 58-77.
- Iori, T., Argenio, F. (2020), *Claudio Marcello e le sue dighe. "Italian style" alla scala del paesaggio*, «L'industria delle costruzioni», 476, pp. 108-115.
- Iori, T., Argenio, F. (2021), *Claudio Marcello and his dam*, in J. Mascarenhas-Mateus, A.P. Pires (eds.), *History of Construction Cultures*, Lisbona, CRC Press Taylor & Francis, vol. 1, pp. 562-569.
- Iori, T., Capurso, G. (2019), *Silvano Zorzi, designer strutturale*, «Archi», 5, pp. 19-22.
- Iori, T., Greco, C. (2002), *Sperimentazioni autarchiche in Italia per le coperture di grande luce. I casi di Eugenio Miozzi e Giorgio Baroni*, in P.G. Bardelli, E. Filippi, E. Garda (a cura di), *Curare il moderno. I modi della tecnologia*, Venezia, Marsilio, pp. 101-110.
- Iori, T., Poretti, S. (a cura di) (2010), *Pier Luigi Nervi. Architettura come Sfida. Roma. Ingegno e costruzione. Guida alla mostra*, Milano, Electa.
- Iori, T., Poretti, S. (a cura di) (2014-2020), *SIXXI. Storia dell'ingegneria strutturale in Italia*, Voll. 1-5, Roma, Gangemi.
- Iori, T., Poretti, S. (2014), *Fotoromanzo SIXXI. La diffusione del ferro nell'Ottocento*, in T. Iori, S. Poretti (a cura di), *SIXXI 1. Storia dell'ingegneria strutturale in Italia*, Roma, Gangemi, pp. 115-155.
- Iori, T., Poretti, S. (2015), *Fotoromanzo SIXXI. L'Autostrada del Sole*, in T. Iori, S. Poretti (a cura di), *SIXXI 3. Storia dell'ingegneria strutturale in Italia*, Roma, Gangemi, pp. 108-155.
- Iori, T., Poretti, S. (2017), *Fotoromanzo SIXXI. L'invenzione di Morandi*, in T. Iori, S. Poretti (a cura di), *SIXXI 4. Storia*

- dell'ingegneria strutturale in Italia, Roma, Gangemi, pp. 116-155.
- Iori, T., Ricci, M. (2010), *Il ponte sul Tagliamento tra Pinzano e Ragogna nella storia dell'ingegneria italiana*, in S. D'Agostino (a cura di), *Storia dell'ingegneria*, Cuzzolin editore, Napoli, vol. 2, pp. 967-978.
- Iori, T., Savone G. (2015), *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*, Roma, Gangemi, pp. 34-61.
- Poretti, S. (2010), *La costruzione nell'architettura di Piacentini: tre opere romane*, in «Rassegna di Architettura e Urbistica», 130/131, gennaio-agosto, pp. 119-131.

Da qualche anno mi dedico a un'attività molto difficile: far conoscere a tutti la storia dell'ingegneria strutturale italiana. Non solo ai miei studenti, che sono obbligati a seguire le mie lezioni, ma proprio a tutti, anche a chi non ha alcuna competenza tecnica: e lo faccio per radio o attraverso podcast. Racconto storie di ponti, cupole, dighe, autostrade, grattacieli e, naturalmente, storie di ingegneri. Senza avere idea di chi mi stia ascoltando, senza l'aiuto di immagini per facilitare le descrizioni, mi impegno a far innamorare chi mi segue di opere a cui non avevano mai dedicato attenzione e che invece sono fondamentali per la nostra vita. Questo libro vuole raccogliere alcune di quelle storie, che è possibile riascoltare facilmente sulle piattaforme audio dedicate, ma i cui testi sono inediti.

Tullia Iori, storica dell'ingegneria, è professoressa ordinaria all'Università di Roma Tor Vergata, dove è prorettice alla Didattica e coordinatrice del Dottorato di ricerca in Ingegneria Civile. È da anni impegnata nella ricerca SIXXI – Storia dell'ingegneria strutturale in Italia. Ha condotto studi sulla storia del cemento armato in Italia, su Pier Luigi Nervi, Riccardo Morandi, Silvano Zorzi, Sergio Musmeci (curando anche mostre al MAXXI di Roma) e, più in generale, sulla Scuola italiana di ingegneria. Ha una passione per la disseminazione.