

# “Unusual methods”.

## Italian notes on Military Structural Engineering in WWII (1943-1944)

Ilaria Giannetti\*

---

### Highlights

The war that led to the Liberation of Italy was fought to regain territory inch by inch. The road and rail networks were strategic objectives for both sides: the troops who were retreating and those who were advancing. Thousands of bridges were damaged and destroyed, tons of iron, bricks and concrete collapsed into the rivers. The “first aid” given to the structures, led by the Allied Corps of Engineers, was based on salvaging what could be saved. With improvisation, intuition and courage the “standard” procedures of American manuals combined forces with the experience of the Italian artisans.

---

### Abstract

During the SIXXI research (*20th Century Structural Engineering: the Italian Contribution*), new historical archives were exploited: WWII and its aftermath appeared, eventually, as important periods for the history of structural engineering. The war for Liberation of Italy (1943-1945) was a unique occasion to test and stress structural design applied to “emergency” scope. An impressive cross-fertilization between the American methods and “know-how” of the Italian technicians featured the “first aid” operations of the Alleys [*This paper is framed in the SIXXI project (www.sixxi.eu), thanks to a ERC Adv Grant funding (PI S Poretti, T Iori)*].

---

### Keywords

History of construction, Emergency engineering, WWII, Italy, Bridging

---

## 1. INTRODUCTION

Throughout SIXXI’s research, via the continuous discovery of new and unexplored historical archives and documentary sources, the Second World War and the immediate post-war reconstruction have surprisingly emerged as very important periods for the history of structural engineering [1]. Still overlooked by historiography in respect of better-known theoretical debate, the quiet but industrious reconstruction of infrastructure commenced as of the first “rescue” operations of the Allied Army - the movement of troops that landed in Sicily was continuously supported, kilometre after kilometre, by the military exercise of the railroad. In order to quickly restore the thousands of bridges that had been bombed or blown up by the retreating enemy troops,

### Ilaria Giannetti

DICII - Dipartimento Di  
Ingegneria Informatica E  
Ingegneria Civile, Università  
di Roma “Tor Vergata”, via  
Cracovia, Roma, 00133, Italia

\* Corresponding author

Tel.: +39-0672597032;

e-mail:

ilaria.giannetti@uniroma2.it

a collective experimentation began, guided by the American pontoon corps (the *Sappers*), adapting to the geography of the territory and to the materials readily-available *in loco*, field testing all types of structures, already utilised by the military, and inventing new, originally Italian, means through “salvaging the salvageable” and the use of artisan systems. Documents and images stored in many different archives (including institutional, the Italian National Autonomous Roads Corporation, state railway and military archives, such as the *Archivio dell’Ufficio Storico dello Stato Maggiore and the Archivio Storico dell’Istituto di Cultura dell’Arma del Genio*, along with British and American databases) which offered up an untold wartime story in the lead up to the liberation of Italy: a “structural diary” that reveals - bridge by bridge - the arduous march of the Allied Army, from the Landing through to the conquest of the North Lines, via the heroic crossing of the Po River. It goes on to show that the Engineering Command was the fundamental means by which daily life in the cities was conducted and for the safeguarding of Italy’s precious artistic heritage from bombs and mines.

## 2. LANDING

Landing in Reggio Calabria in July 1943 with the Allied Army was the company of the *Railway Construction Troops* [2], a special unit comprised of engineers trained for emergency repairs and for the military operation of railway sites. The restoration operations commenced even prior to the official communication of the armistice on 8<sup>th</sup> September 1943. For the “ascent” of the troops, now aligned, the railway was henceforth the fundamental means of logistics. The network was however “shattered, looted, interrupted at every waterway”. In an unprecedented collaboration between Italian technicians and Allied Army engineers, *Operation Baytown* commenced, tasked with opening the road between the ports of Reggio Calabria and Taranto. The iron girders of the great 19<sup>th</sup>-century viaducts were quickly recovered, put back into place and “consolidated”, whilst the two masonry viaducts of Barletta and Foggia that had been demolished were rebuilt *ex novo* with American materials. “Although these are exclusively temporary operations, in terms of initiative and enterprise, the operation is astonishing” - undertaken without any mechanical instrumentation (if not that found in the surrounding areas), the “sheltered” structures would support the incessant passage, for the following 18 months, of military convoys between the ports of the western and eastern coasts. On 8<sup>th</sup> October, only one month since the start of operations, the Allied Command announced its exclusive responsibility and competence in

### 1. INTRODUZIONE

*Durante la ricerca SLXXI, attraverso la scoperta di sempre nuovi archivi storici e di ancora inesplorate fonti documentali, la Seconda Guerra mondiale e l'immediata Ricostruzione post bellica sono emerse, imprevedibilmente, come periodi importantissimi per la storia dell'ingegneria strutturale [1]. Ancora trascurata dalla storiografia rispetto al più conosciuto dibattito teorico dell'edilizia, la silenziosa ma operosa ricostruzione dell'infrastruttura si avvia già dalle prime operazioni "di pronto soccorso" dell'esercito Alleato: la movimentazione delle truppe sbarcate in Sicilia, è costantemente supportata dall'esercizio militare della ferrovia. Per rimettere rapidamente in funzione migliaia di ponti, bombardati o fatti saltare dalle truppe tedesche in ritirata, si avvia una sperimentazione collettiva che, guidata dai Sappers (il genio pontieri americano), si adatta alla geografia del territorio e ai materiali prontamente disponibili in loco, testando sul campo tutte le tipologie strutturali, già impiegate per usi militari, e inventandone di nuove, originariamente italiane, attraverso "il recupero del recuperabile" e l'impiego di sistemi artigianali. I documenti e le immagini custoditi in tanti archivi diversi (da quelli istituzionali di ANAS e Ferrovie dello Stato a quelli militari, come l'Archivio dell'Ufficio Storico dello Stato Maggiore e quello dell'Istituto di Cultura dell'Arma del Genio, fino ai data-base inglesi e americani) hanno permesso di disvelare una storia inedita della guerra per la Liberazione dell'Italia: un "diario strutturale" che ci racconta, di ponte in ponte, di struttura in struttura, la faticosa marcia dell'Esercito Alleato, dal Landing fino alla conquista delle North Lines, attraverso l'eroico passaggio del Po; ma anche di come l'ingegneria strutturale sia stata il mezzo fondamentale per lo svolgimento quotidiano della vita cittadina (a Firenze e a Verona, tragicamente tagliate in due dal fiume Arno e dal fiume Adige, dopo la distruzione di tutti i ponti operata dall'esercito tedesco) e per salvare dai bombardamenti il prezioso patrimonio artistico del nostro paese.*

### 2. LANDING

*A luglio 1943, con l'esercito Alleato, sbarca a Reggio Calabria la compagnia delle Railway Construction Troops [2], un corpo speciale costituito da ingegneri addestrati per i ripristini di emergenza e per l'esercizio militare delle sedi ferroviarie. Le operazioni di ripristino si avviano ancora prima della comunicazione ufficiale dell'armistizio, l'8 settembre 1943. Per la "risalita" delle truppe, da quel momento, Alleate, la ferrovia è il mezzo logistico fondamentale. La rete è però "sconquassata, saccheggiata, interrotta a ogni corso d'acqua". In un'inedita collaborazione tra i tecnici italiani e gli ingegneri dell'esercito Alleato, si avvia così l'operazione Baytown: per aprire la via tra i porti di Reggio Calabria e Taranto le travate di ferro dei grandi viadotti ottocenteschi, sono rapidamente recuperate, rimesse in posizione e*

the military operation and in the reconstruction of the entire Italian railway and road network, completely revolutionising the logistics of infrastructure management. As is written in the reports of the Allied Engineers, the materials were scarce (the time between an order reaching England or the United States and the arrival to the worksite exceeded 6 months), in general, “the country is lazy (as is the workforce), although the technicians are intelligent and insightful”. It was thus necessary to optimise the forces on the field with a “rigid and universal system of control” [3]. For the management of the rail and road networks, the territory was thus divided into regional sections by tracing the structure of the Ferrovie dello Stato (FFS, being the State Railways) and the newly established Azienda Autonoma della Strada Statale (AASS - the Autonomous State Roads Corporation) whose direction was passed to the Allied Army. Each territorial division was headed by a *Regional Engineer* who was tasked with carrying out projects in order of military priority, providing the relative financing, weighing up and distributing the necessary material and testing the work. Temporary restoration and railway works were carried out directly by the Allied Engineers, assisted by local labour [4] whilst reconstruction of the roadways, also performed with material supplied and checked by the military Administration, approved and tested by the *Regional Engineer*, were entrusted to local companies and planners [5].

### 3. EMERGENCY ENGINEERING

The new logistic organisation permitted the restoration of the South Lines to commence with continuity and rapidity, thus allowing the Allied Army lines to deploy (in the same month of October 1943) the passage of the Volturno River - the first “impenetrable line” of the German defence. To support the “breach”, it was firstly necessary to restore the operation of the Salerno-Rome railway line, already partially controlled by the American troops. The reactivation of the railway viaducts crossing the river started on 28<sup>th</sup> October in the city of Capua, on the *Inland* (Line 90), of the long seven-span bridge of which only five piles were able to withstand the action of the German rearguard. The material supplied to the engineers was insufficient and local companies were not able to guarantee any new supplies. The Faculty of Engineering of the University of Naples, however, was in possession of stocks of Roth Waagner bridging materials obtained from the retreating German army. Even if logistically costly, its use was the only solution to restoring the crossing in time for the Army’s ascent to Rome. Thus, whilst the transport of the beams commenced and local prisoners were recruited, the German officers were able to drive the *Sappers* in arranging for the construction of the pieces

“consolidate”, mentre i due viadotti in muratura di Barletta e Foggia demoliti e ricostruiti ex novo con materiale americano. “Nonostante si tratti di opere esclusivamente temporanee, in termini d’iniziativa e intraprendenza l’operazione è stupefacente”: realizzate, senza alcuna strumentazione meccanica (se non quella reperibile nei dintorni), le strutture “riparate” sosterranno l’incessante passaggio, per i 18 mesi successivi, dei convogli militari tra i porti delle coste occidentale e orientale. L’8 ottobre, trascorso solo il primo mese dall’avvio delle operazioni, il Comando Alleato annuncia la propria esclusiva responsabilità e competenza nell’esercizio militare e nella ricostruzione dell’intera rete ferroviaria e viabilistica italiana, rivoluzionando completamente la logistica della gestione dell’infrastruttura. Come si legge dai rapporti del Genio Alleato, scarseggiano i materiali (il tempo tra l’ordinativo in Inghilterra o negli Stati Uniti e l’arrivo in cantiere supera i 6 mesi), in genere, “il Paese è pigro (così come la manodopera), nonostante i tecnici siano intelligenti e perspicaci”: occorre, quindi, ottimizzare le forze in campo con un “sistema di controllo, rigido e universale” [3]. Per la gestione delle reti (ferroviaria e stradale), il territorio è, così, suddiviso in comparti regionali ricalcando la struttura delle Ferrovie dello Stato (FFS) e dell’ appena costituita Azienda Autonoma della Strada Statale (AASS) il cui direttivo passa nelle mani dell’esercito alleato: ogni comparto territoriale è diretto da un *Regional Engineer* che ha il compito di fare eseguire i progetti in ordine di priorità militare, erogare i relativi finanziamenti, comparare e distribuire il materiale necessario e collaudare l’opera. I ripristini temporanei e i lavori ferroviari sono eseguiti direttamente dal Genio Alleato, coadiuvato dalla manodopera locale [4] mentre le ricostruzioni stradali, eseguite sempre con materiale fornito e controllato dall’Amministrazione militare, approvate e collaudate dal *Regional Engineer*, sono affidate a imprese e progettisti locali [5].

#### 3. “EMERGENCYENGINEERING”

La nuova organizzazione logistica permette di avviare i ripristini delle South Lines con continuità e rapidità, permettendo così alle file dell’esercito Alleato di attestarsi (nello stesso mese di ottobre 1943) sul corso del Volturno: la prima “linea impenetrabile” della difesa tedesca. Per spalleggiare lo “sfondamento”, occorre ripristinare, in primo luogo, l’esercizio della linea ferroviaria Salerno-Roma, già in parte controllata dalle truppe degli americani. I ripristini dei viadotti ferroviari che attraversano il fiume si avviano il 28 ottobre: a Capua, sulla *Inland* (Line 90), del lungo ponte a sette campate solo cinque pile hanno saputo resistere all’azione dei guastatori tedeschi. Il materiale in dotazione ai genieri è insufficiente e le imprese locali non sono in grado di assicurare alcuna nuova fornitura. La facoltà di Ingegneria dell’Università di Napoli, però, custodisce una partita di

of the new bridge material. The most-damaged piles were demolished onsite, whilst those with less damage were levelled using concrete plates cast in situ. Once the beams had been mounted on the river bank, with the help of enemy technicians, they were subjected to an “American” launching (with the help of adjustable trestles in lightweight steel, to be employed as temporary supports). Operations were completed in just over a month and, on 23<sup>rd</sup> November, the bridge again ensured trains could transit normally. After Volturno, the last defence of the Gustav line was the Garigliano river. The German positions, set up along the entire length of the river, were inspected from elevated positions. The strategy of the Allied troupes involved attempting to cross the River in small groups covered by aircraft fire. Here, to favour the displacement, the *Railway Troops* quickly undertook the restoration of Line 91, with procedures unfamiliar to Anglo-American manuals. On the Miscano river, where the crossing was interrupted by the Germans collapsing the reticular beam (spans of 40 metres) via “cutting” the last piece of mesh leaving the supports intact, choosing to re-position the old beam by raising it up from the river bed. In an exemplary operation of *Emergency Engineering*, a provisional trestle in Bailey material was installed, cable-stayed on the banks, to support the lifting pulleys. The beam, thus anchored to the restraint cables, was pulled by a locomotive that raised one end until reaching the first support. Once hooked to the end of a hand-winch, it took 15 hours to reinstate the original position. With Line 91 in operation once more, the army gradually aligned along the Garigliano. Two bridgeheads were formed, the first to the west, where Via Appia is interrupted in line with the Bourbon bridge, blown up by the Sappers, and the second on the slopes of Cassino near the town of Sant’Angelo in Theodice. Restoring the Appia Way concluded at the end of January, with the launching of a beam with metallic structure on the ruins of the suspension bridge [6]. In Monte Sant’Angelo, rather, engineers tried in vain to cross the Rapido River. The first Bailey reached the opposite bank only on the night between 12<sup>th</sup> and 13<sup>th</sup> May, with the support of the bombing of the Abbey. For the *Sappers*, it was a heroic and memorable undertaking: 15 lost their lives and over 60 were injured in the smoke bombs launched to obscure the path of the river. Works commenced, in the dark, at 5:45 pm and ended a mere twelve hours later, at dawn on 13<sup>th</sup> May [7]. Having also passed the Garigliano, part of the army marched towards Rome along the coast whilst the *Railway Troops* sought to repair the last sections of the *Inland* (Line 90). Thus, the “first aid” of the bridge over the Volturno to Cancellò Arnone commenced. The modest extent of the bridge spans (38 metres) was ideal for the use of standard American materials suitable for the construction of reticular beams codified in

*materiale Roth Waagner requisito all'esercito tedesco in ritirata: seppure dispendioso sul piano logistico, il suo impiego rappresenta l'unica soluzione per ripristinare l'attraversamento nei tempi previsti per la risalita dell'esercito verso Roma. Così, mentre si avvia il trasporto delle travi, e si reclutano tra i prigionieri, gli ufficiali tedeschi in grado di guidare i Sappers nell'allestimento dei pezzi del nuovo materiale da ponte, in cantiere si demoliscono le pile più danneggiate mentre quelle con minori danni sono livellate con piastre in cemento gettate in opera. Montante le travi sulla sponda del fiume, con l'aiuto dei tecnici nemici, si avvia il varo "all'americana" (con l'ausilio di cavalletti di acciaio, leggeri e regolabili, da impiegare come appoggi temporanei). Le operazioni si concludono in poco più di un mese e, il 23 novembre, il ponte assicura nuovamente il regolare transito dei convogli. Superato il Volturno, l'ultima difesa della linea Gustav è il fiume Garigliano. Le posizioni tedesche, disposte lungo tutto il corso del fiume, sono controllate a vista dalle alture retrostanti. La strategia Alleata prevede di tentare l'attraversamento del fiume a piccoli gruppi coperti dal fuoco aereo. Qui, per favorire il dislocamento, le Railway Troops intraprendono in fretta il ripristino della Line 91, con procedure inusuali per i manuali angloamericani. Sul Miscano, dove l'attraversamento è stato interrotto dai tedeschi precipitando la trave reticolare (40 metri di luce) attraverso il "taglio" dell'ultima maglia lasciando intatti gli appoggi, si sceglie di rimettere in posizione la vecchia trave sollevandola dal letto del fiume. In una esemplare operazione da Emergency Engineering, per sostenere le carrucole di sollevamento è realizzato un cavalletto provvisorio in materiale Bailey, strallato sulle sponde. La trave, ancorata così alle funi di ritenuta, è posta sotto il tiro di una locomotiva che ne solleva un'estremità fino a raggiungere il primo appoggio. Poi, agganciata in coda a un argano a mano, impiegherà 15 ore per recuperare la posizione originaria. Con la Line 91 nuovamente in esercizio, l'esercito via via si allinea sul Garigliano. Si formano due teste di ponte, la prima a Ovest, dove la via Appia si interrompe in corrispondenza del ponte borbonico, fatto saltare dai guastatori e la seconda alle pendici di Cassino in prossimità dell'abitato di Sant'Angelo in Theodice. Il ripristino dell'attraversamento dell'Appia si conclude alla fine di gennaio, con il varo di una trave a traliccio metallico sulle rovine del ponte sospeso [6]. A monte di Sant'Angelo, invece, i genieri tentano invano di attraversare il Rapido. Il primo Bailey raggiungerà la riva opposta solo la notte tra il 12 e il 13 maggio, con il favore dei bombardamenti dell'Abbazia. Per i Sappers, è un'impresa eroica e memorabile: in 15 perdono la vita e oltre 60 sono feriti tra i fumogeni lanciati per oscurare il corso del fiume: i lavori si avviano, con il buio, alle 17:45 per concludersi solo dodici ore più tardi, all'alba del 13 maggio [7]. Superato anche il Garigliano, parte dell'esercito marcia verso Roma sulla costa mentre le Railway Troops*



the manuals (Warren or Pratt patents). Inventories of this type of material were kept in a makeshift warehouse only 20 kilometres away, but the servicemen had no experience in assembly. The restoration becomes a “field school” where the codified procedures were discovered for the first time in the American manuals and the expedients of the artisan building site. Thus, on the remains of the old metal beam laying on the river bed, a gangway was used with scaffolding employed to move the rubble and the materials. The piles with the most damage were reconstructed with a “core” of cement covered in masonry and the recoverable piles were levelled off with concrete plates cast on the spot. Meanwhile, on the southern bank, the most experienced of the *Sappers* prepared the beams for launching, under the watchful eyes of local workers, arranged in teams of 4 men, completing in sequential order the triangular forms that comprised the beams. In contrast with all instructions, however, in order to speed up operations, the components were only partially “riveted” before proceeding to launch the beams (with the intention being to tighten the rivets only after being opened to traffic). The standard procedure also had to be modified for the launching. Having only two winches, it was decided to position them on the farthest edge, renouncing the intermediate pull recommended in the manuals and instead launching the “train” of beams all together. The unusual procedure attracted the attention of all technicians in the area. The launching of the beam on the first bay took a total of 7 hours, the second 4.5 hours and just 25 minutes for the third, under the watchful gaze of the American officers, amazed by the efficiency of the unusual procedure. The bridge opened to traffic in just 57 days, during which the Railway Corps worked double shifts to complete whilst, in the following 36 days, only a few men concluded the hand tightening of the rivets, allowing the engineers and assemblers to be diverted to the urgent restoration of the subsequent viaducts on the same line. Amongst the most demanding operations was the need to launch a single beam with a span of 72 metres, completed once more with the “Roth-Waagner” materials seized. Whilst retrieving the reusable iron from the old girders abandoned in the riverbed, new concrete pillars were reconstructed and temporary structures were set up for the difficult launching. In order to speed up the operations, a “rostrum” was created in a size considerably smaller than normal. During the launching, the structure was replaced by the fitting of a special trestle of tube and clamp scaffolding that, placed on a floating jetty, supported the head of the beam, once its point of equilibrium had been surpassed during launching. In the meantime, the Allied Army was preparing to enter Rome. Once more, the operation required a timely dedication to the reconstruction and operation of the railway. Added to the *Coast Line* and *Line*

*si cimentano nelle riparazioni degli ultimi tratti della Inland (Line 90). Si avvia, così, il “pronto soccorso” del ponte sul Volturno a Cancellò Arnone. La luce modesta delle campate del ponte (38 metri) è ideale per l’uso del materiale americano standard adatto alla realizzazione di travi reticolari codificate nei manuali (brevetti Warren o Pratt). Scorte di questo tipo di materiale sono custodite in un deposito di fortuna distante solo 20 km, ma gli uomini in servizio non hanno alcuna esperienza di montaggio: il ripristino si trasforma in un “campo scuola” dove si incontrano per la prima volta le procedure codificate nei manuali americani e gli expedienti del cantiere artigianale. Così, sui resti della vecchia travata metallica adagiata nel letto del fiume, si allestisce con i tubi Innocenti una passerella adibita alla movimentazione delle macerie e dei materiali, si ricostruiscono le pile maggiormente danneggiate con un “cuore” in cemento rivestito in muratura e si livellano le pile recuperabili con piastre in cemento gettate in opera. Nel frattempo, sulla sponda sud, i più esperti tra i Sappers preparano le travi al varo, sotto gli occhi della manodopera locale: disposti in squadre da 4 uomini, completano, in sequenza, i moduli triangolari che compongono le travi. Contro ogni prescrizione, però, per velocizzare le operazioni, i moduli vengono “rivettati” solo parzialmente prima di procedere al varo delle travi (con l’intento di serrare i rivetti solo dopo l’apertura al traffico). Anche per il varo la procedura standard deve essere modificata: disponendo di due soli argani, si decide di posizionarli sulla sponda più lontana rinunciando al tiro intermedio suggerito dai manuali e varando, invece, tutto insieme, il “treno” di travi. L’insolita procedura attira l’attenzione di tutti i tecnici della zona: il varo della trave sulla prima campata si conclude in 7 ore, sulla seconda in 4 ore e 30 e sulla terza in 25 minuti, sotto gli occhi degli ufficiali americani, stupiti dall’efficienza dell’insolita procedura. Il ponte apre al traffico in soli 57 giorni, durante i quali il Corpo ferrovieri è impegnato con doppi turni al completo mentre, nei 36 giorni successivi, solo pochi uomini concluderanno il serraggio a mano dei rivetti, permettendo di dirottare ingegneri e montatori sull’urgente ripristino dei successivi viadotti della stessa linea. Tra questi l’operazione più impegnativa è rappresentata dalla necessità di varare un’unica trave di 72 metri di luce, realizzata sempre con il materiale “Roth-Waagner” sequestrato. Mentre si recupera il ferro riutilizzabile dalla vecchia travata abbandonata nel greto del fiume, si ricostruiscono nuovi pilastri in cemento e si allestiscono le strutture temporanee per il difficile varo: per velocizzare le operazioni si realizza un “rostro” notevolmente più piccolo di quello standard: la struttura è sostituita, durante il varo, dall’allestimento di uno speciale cavalletto sempre in tubo-giunto Innocenti che, posto su un pontile galleggiante, sosterrà la testa della trave, una volta superato il suo punto di equilibrio durante il varo. Nel frattempo, l’esercito Alleato prepara l’entrata a Roma. L’operazione*

90 was that of Rome, the operation of the first section of Line 65 (Rome-Arezzo-Florence-Bologna-Milan) and of the section between Rome and the port of Civitavecchia (Line 50). Works to restore Line 90 were completed in record time - the demanding reconstruction of the Peccia and Rocca D'Evandro viaducts were completed between April and early June via combining the embankments using box-beams made with "remnants" of steel sheeting found in an abandoned Naples carpentry workshop, following the simultaneous set-up, in just 20 days, of three plate girder bridges on Bailey piles, for the reopening of the viaducts of Roccasecca, and those of Ferentino and Morolo, Sgurgola and Anagni. Thus, on 2<sup>nd</sup> July, the first train coming from Naples entered Rome. Having connected Rome to the South, all forces devoted to railway operations were conveyed towards the Gothic Line following the demolition of the retreating Germans. Hence, the Railway Troops settled in for restoring Line 65. The line which, aside from crossing the river, also crossed the Apennines, passed the Tiber, Arno, Bisenzio, Setta, and Po rivers and many streams, was "highly engineered" yet, crossing territories in which the enemy was to retreat in "great haste and chaos", remained in extraordinarily good condition (only the stretch between Prato and Bologna, the Poretana, where 72 km out of 80 were "enjoyed" by the Germans would have to be abandoned, giving up the strategic operation to support operations). Between Rome and Arezzo and between Florence and Bologna, only strategic structures blown up by the Allied bombs (33 bridges out of 94 in the first stretch, 37 bridges out of 74 in the second) had to be rebuilt. Works commenced in June 1944. The Arezzo station resumed services on 10th August, whilst the Florence-Prato section reopened to traffic on 28th February 1945, with the first train entering Bologna on 3rd June. Meanwhile, however, the bridges over the Tiber at Civita Castellana, Bassano, Castiglione and Orte to the south of Florence proved to be the most demanding restorations. The Civita Castellana viaduct, with three spans of 60 metres, was struck by bombs then promptly restored by the Germans with a gangway on wooden trestles, demolished in turn during the retreat. Work began on 16th June, with the bridge partially opening to traffic on 4<sup>th</sup> July and definitively opening on 25<sup>th</sup> August. The fast-moving construction site was based on the idea of the Germans regarding temporary reactivation. Hence, whilst new trestles were set up on piles, the abandoned beams were salvaged from the river bed which, raised up 13 metres in groups of three, were replaced in 15 days (with 16-hour shifts) using a single winch. Subsequently, the viaducts of Bassano and Castiglione were also readied, both being reconstructed following the regular crossings with standard reticular beams obtained from the assembly of the

*richiede, ancora una volta, puntuale impegno nella ricostruzione e nell'esercizio della ferrovia: alla Cost Line e alla Line 90, si aggiungerà, una volta Roma, l'esercizio del primo tratto della Line 65 (Roma-Arezzo-Firenze-Bologna-Milano) e della tratta tra Roma e il porto di Civitavecchia (Line 50). I ripristini della Line 90 si concludono in tempi record: all'impegnativa ricostruzione dei viadotti di Peccia e Rocca D'Evandro portata a compimento tra aprile e i primi di giugno combinando terrapieni con l'impiego di travi scatolari realizzate con "scampoli" di lamiera di acciaio recuperati in una carpenteria abbandonata a Napoli, segue l'allestimento simultaneo, in soli 20 giorni, di tre "plate girder bridge" su pile Bailey, per la riapertura dei viadotti di Roccasecca, e di quelli tra Ferentino e Morolo, Sgurgola e Anagni. Così, il 2 luglio entra a Roma il primo treno proveniente da Napoli. Collegata Roma al sud, tutte le forze dedicate all'esercizio della ferrovia sono convogliate verso la linea gotica inseguendo le demolizioni dei tedeschi in ritirata. Le Railway Troops si cimentano, così, sui ripristini della Line 65. La linea, che oltre il fiume attraversa l'Appennino, supera il Tevere, l'Arno, il Bisenzio, il Setta, il Po e i suoi numerosi affluenti, è "altamente ingegnerizzata" ma, attraversando territori, in cui il nemico si ritirerà in "gran fretta e disordine", resterà straordinariamente in buono stato (solo il tratto Prato e Bologna, la Poretana, dove su 80 km 72 sono stati "gustati" dai tedeschi dovrà essere abbandonato rinunciando alla funzione strategica di supporto alle operazioni). Tra Roma e Arezzo e tra Firenze e Bologna, saranno da ricostruire solo le strutture strategiche fatte saltare dalle bombe Alleate (33 ponti su 94 sulla prima tratta, 37 ponti sul 74 nella seconda). I lavori si avvieranno a giugno del 1944, il 10 agosto la stazione di Arezzo riprenderà il servizio, il 28 febbraio 1945 riapre al traffico la tratta Firenze-Prato e il 3 giugno il primo treno entra a Bologna. Intanto però, i ponti sul Tevere a Civita Castellana, Bassano, Castiglione e Orte rappresentano, a sud di Firenze, i ripristini più impegnativi. Il viadotto di Civita Castellana, a tre luci di 60 m, è colpito dalle bombe, ma ripristinato prontamente dai tedeschi con una passerella su cavalletti di legno a sua volta demolita durante la ritirata. I lavori iniziano il 16 giugno, il ponte apre parzialmente al traffico il 4 luglio e definitivamente il 25 agosto: il rapidissimo cantiere si basa sull'idea dei tedeschi per il ripristino temporaneo. Così, mentre nuovi cavalletti sono allestiti sulle pile, si recuperano le travi abbandonate nel letto del fiume che, sollevate di 13 m in gruppi di 3, sono rimesse in posizione, con l'ausilio di un solo argano, in 15 giorni (con turni di 16 ore). Poi si approntano anche i successivi viadotti di Bassano e Castiglione, ricostruiti entrambi a valle degli originari attraversamenti a travi reticolari standard ricavate dall'assemblaggio dei travetti tedeschi abbandonati nella fretta della ritirata. Mentre l'esercito cerca di entrare a Firenze, l'Air Force prepara il campo a nord di Bologna, bombardando le strutture*

German joists abandoned in the haste of retreat. Whilst the army sought to enter Florence, the Air Force prepared the field north of Bologna, bombarding the key logistics facilities of the German positions. With the intent to blow up the connection between the front of the resistance on the Gothic Line, the bases of Milan and the back of Brenner, the bombs were concentrated along the road and rail crossings of the Po and on the connection between Milan and Verona, epicentres of the Italian Social Republic. With the last stretch of the Line 65 viaducts (Bologna-Milan) having been struck, rail traffic was halted. Bombs had reduced the masonry arches of the viaduct of the Secchia river to rubble (all 12 arches demolished), on the Enza (all 8 arches) and the Taro (with 10 arches out of 20 destroyed) and the metal beams on the bridge crossing the Po in Piacenza being shattered. On the Po, the explosions extended along the entire Lombard stretch of the river. Within a few days, the mixed-use (pedestrian and vehicular) bridge of Mezzana Corti was struck. Having connected the port of Genoa with Milan, it was promptly replaced by the Germans with a temporary wooden bridge. The Cremona bridge was also substituted with a wooden boat bridge and the bridge of Borgoforte with reinforced concrete barges. Also hit were the bridges over the Ticino in Buffalora and in Turbigo, together with the large bridge over the Oglio tributary in Palazzolo sull'Oglio along the Milano-Bergamo motorway.

In Florence, on the night of 3<sup>rd</sup> August, the Germans blew up all the bridges over the Arno river (leaving only the Ponte Vecchio in place). At the crack of dawn on 11<sup>th</sup> August, the city rose up against the Nazi fascists, with the partisans gathering in the Oltrarno area, before wading across the river to attack the German troops who subsequently abandoned the town centre. Fighting continued until the end of the month. On the 31<sup>st</sup>, Florence was free, the city cut in two by the river. The population, coming out from their basements and returning to their homes, crossed the Arno River on the debris of the bridges. Passage across the Ponte delle Grazie and Santa Trinita bridges was restored only upon the arrival of the Sappers, with the construction of two Bailey pedestrian walkways resting on the stumps of the piles [8]. On the outskirts of the city, and on the entire front of the Arno, the Sappers continued to mine the main bridges (also blowing up Ponte di Mezzo in Pisa) whilst the focus of the Air Force was on attempting to hit enemy positions. Meanwhile, on the morning of 26<sup>th</sup> April 1945, also on the banks of the Adige river in Verona was split. On the night of the Liberation, the last act of the fascist resistance, in the most important capitals of the Republic of Salò, was consummated with the destruction of all the bridges of the city. The medieval bridges were not spared from the mines, having thus far dodged the bombs (due to

*chiave per la logistica delle posizioni tedesche. Con l'intento di far saltare il collegamento tra il fronte della resistenza sulla linea gotica, le basi di Milano e le retrovie del Brennero, le bombe si concentrano sugli attraversamenti stradali e ferroviari del Po e sul collegamento tra Milano e Verona, epicentri della Repubblica Sociale. Colpiti i viadotti dell'ultimo tratto della Line 65 (Bologna-Milano), si interrompe il traffico ferroviario: le bombe riducono in macerie gli archi in muratura dei viadotti sul Secchia (i 12 archi sono tutti demoliti), sull'Enza (tutti gli 8 archi) e sul Taro (sono demoliti 10 archi su 20 archi) e sconvolgono le travi metalliche del ponte sul Po a Piacenza. Sul Po le esplosioni si estendono a tutto il tratto Lombardo del corso del fiume: nel giro di pochi giorni sono colpiti il ponte promiscuo di Mezzanacorti (collegamento del porto di Genova con Milano, prontamente sostituito dai tedeschi con un ponte provvisorio in legno); il ponte di Cremona (sostituito da un ponte di barche di legno); il ponte di chiatte in cemento armato a Borgoforte. Sono colpiti anche i ponti sul Ticino a Buffalora e a Turbigo e il grande ponte sull'Oglio a Palazzolo dell'Autostrada Milano-Bergamo.*

*A Firenze, la notte del 3 agosto i tedeschi fanno saltare i tutti ponti sull'Arno (rimane in piedi solo Ponte Vecchio). Alle prime luci dell'11 agosto la città insorge contro i nazifascisti, i partigiani, riuniti a Oltrarno, guadano il fiume e attaccano le truppe tedesche che abbandonano il centro della città. I combattimenti si protraggono fino alla fine del mese. Il 31, Firenze, libera, è una città tagliata in due dal fiume. La popolazione, esce dalle cantine, e rientra nelle proprie case, guadando l'Arno sulle macerie dei ponti. Il passaggio del ponte delle Grazie e al ponte di Santa Trinita sono ripristinati solo all'arrivo dei Sappers con l'allestimento di due passerelle pedonali Bailey poggiate sui monconi delle pile [8]. Alle porte della città, e su tutto il fronte dell'Arno, i guastatori continuano a minare i ponti principali (è fatto esplodere anche il Ponte di Mezzo a Pisa) mentre il fuoco dell'Air Force tenta di colpire le posizioni nemiche. Intanto, la mattina del 26 aprile 1945, anche Verona si sdoppia sulle sponde dell'Adige. Nella notte della Liberazione l'ultima azione della resistenza fascista, nella più importante delle capitali della Repubblica di Salò, si consuma con la distruzione di tutti i ponti della città. Le mine non risparmiano i ponti medioevali, finora schivati dalle bombe (perché protetti dal veto posto dalla Commissione per i Beni culturali del Comando Alleato) [9]. Prontamente si allestiscono i ripristini provvisori sulle rovine mentre per le delicate ricostruzioni (portate a compimento con la speciale supervisione del Ministero della Pubblica Istruzione) si dovrà aspettare la metà degli anni '50.*

#### **4. VERSO E OLTRE IL PO**

*Superato l'Appennino, si prevedono ormai ancora poche settimane per la "cattura" delle ultime posizioni nemiche oltre il Po. La ferrovia è ancora una volta sostanziale per la riuscita delle operazioni. "Scheletro" a sostegno dell'occupazione è il trasferimento di truppe dai porti*



a veto by the Commission for the Cultural Heritage of the Allied Command [9]. Provisional restorations were promptly undertaken on the ruins whilst the delicate reconstructions (completed with the special supervision of the Ministero della Pubblica Istruzione - the Ministry of Public Education) would have to wait until the mid-1950s.



Figure 1. Restoration of two railway bridges over the river Po: Pontelagoscuro, April, 28th, 1945 (IWM); temporary restoration of the railway line in Piacenza (Alnsml, Cln Lombardia, photo section, series 67).

#### 4. TOWARDS AND BEYOND THE RIVER PO

Once passed the Apennines, it was expected that the last enemy positions beyond the Po would be “captured” within a few weeks. The railway was once again substantial enough for the success of the operations. It was “structured” to support the occupation, with the transfer of troops from the ports of central Italy. It was necessary to restore Line 217/18 (Pisa-Pistoia-Prato) to the west, the old Maria Antonia during the time of the Grand Duchy. The works, however, proved to be particularly challenging and there were no guarantees regarding the time-frames. In fact, traffic was halted in line with the extensive Serravalle tunnel, crammed with over 1.5 kilometres of rubble). It was necessary to attempt restoring an alternative by way of Line 219 (Pisa/Empoli/Florence) of the old Leopolda station, fundamental for the logistics of the advancement. Hence, whilst the diggers were working at full speed in Serravalle, the Railway Troops tried their hand at restoring the great viaduct over the Arno in Montelupo. The original one, composed of 5 masonry arches, was severely damaged by German mines. What’s more, the alignment of the piles that ran laterally in respect of the River made it impossible to use standard beams. It was decided to flank the ruins with a temporary bridge built with Bailey material, simultaneously entrusting an Italian company with the reconstruction of the arches, with concrete facets and Melan ribs. In August 1945, the reconstruction of the last section to the north of the railway

dell'Italia centrale. A ovest deve essere necessariamente ripristinata la Line 217/18 (Pisa-Pistoia-Prato) la vecchia Maria Antonia del Granducato. I lavori, però, sono particolarmente impegnativi e non ci sono garanzie sulle tempistiche (il traffico si interrompe, infatti, in corrispondenza della lunga galleria di Serravalle, saturata da oltre 1,5

km di macerie). Occorre tentare il ripristino alternativo della Line 219 (Pisa/Empoli/Firenze) l'antica Leopolda, basilare per la logistica dell'avanzata. Così mentre le scavatrici lavorano a pieno ritmo a Serravalle, le Railway Troops si cimentano al ripristino del grande viadotto sull'Arno a Montelupo. Quello originario, composto di 5 archi in muratura, è gravemente danneggiato dalle mine tedesche; inoltre, per l'andamento obliquo delle pile rispetto al fiume, è impossibile impiegare travi standard. Si sceglie, così, di affiancare al rudere un ponte temporaneo costruito con materiale Bailey affidando, simultaneamente, a un'impresa italiana la ricostruzione degli archi, con volti in calcestruzzo su centine Melan.

Ad agosto 1945, è intrapresa la ricostruzione dell'ultimo tratto a nord della rete ferroviaria (alla frontiera alcune tratte colpite dall'Air Force sono ancora tenute faticosamente in esercizio dell'esercito tedesco) per assicurare il collegamento da Firenze a Milano e da Milano verso il Brennero. A nord di Bologna si procede alla contemporanea ricostruzione dei ponti sul Secchia, sull'Enza, sul Taro e al ripristino provvisorio del ponte sul Po a Piacenza [10]. Qui, con “materiali recuperati un po' dappertutto non sempre adatti ma utilizzati con opportuni adattamenti” il Genio Militare Italiano realizza un ponte leggero di barche di legno a una sola via (le barche sono requisite “a nolo” dai pescatori della zona, cui sarà corrisposto un risarcimento solo concluse le ostilità). Sulla Line 71 (Udine-Pontebba), si lavora al ripristino dei grandi ponti sul Fella e sul Dogna. Intanto, al Brennero il reparto dei ferrovieri tedeschi si arrende in blocco. Il corpo “catturato” è subito dirottato



network was undertaken (with some sections struck by the Air Force along the border still laboriously held by the German Army) to ensure the connection from Florence to Milan and from Milan to Brenner. North of Bologna, work was underway on the simultaneous reconstruction of bridges on the Secchia, Enza and Taro, along with the restoration of a temporary bridge over the Po in Piacenza [10]. Here, with “recovered material all around and not always suitable yet used with appropriate adjustments”, the engineers of the Italian military manufactured a lightweight one-way bridge of wooden boats (the boats were seized “at a fee” from local fishermen, who were to be paid compensation only once hostilities had ended). On Line 71 (Udine-Pontebba), work on the restoration of large bridges on the Fella and Dogna was underway. Meanwhile in Brenner, the railway unit of the Germans surrendered en masse. The “captured” unit was immediately diverted to assist the Railway Troops in the restoration of the crossing of the Po in Ostiglia on Line 69 that connected the Passo with Bologna. Of the original viaduct, consisting of seven spans of 73 metres on masonry piles, the shoulders were destroyed, severely damaging the two central piles, whilst the beams had “crumpled in the river”. Nothing could be salvaged. Moreover, the available American material was very scarce and no company was able to provide new supplies. It was necessary to optimise the material from the German stocks retrieved in Brenner. Thus, it was decided to reduce the spans of the bays, building a new viaduct flanked by the old. With the German joists, the meshing of the trusses was made following the American manuals (Warren beams with spans of 75 feet), whilst the new piles were platforms founded on wooden fixtures, retrieved by the English Army in the “forest” of the Apennines during the ascent in view of the Po crossing. In the meantime, a memorable feat (the “Springbok Bridge” operation) was achieved on the banks of the River in Pontelagoscuro, where in restoring the passage, the South African unit of the Railway Troops set up a special double Bailey (300 metres of spans divided into four bays) in only 9.5 days of work.

## 5. CONCLUSIONS

Just four years after the Armistice, the end of the first phase of the material reconstruction of the Italian railways was nearing, with over 3,000 bridges having been rebuilt. The launching of the large bridges over the Po followed the restoration of the Civitavecchia-La Spezia line, one of the most devastated by the Sappers and greatly significant for the clearing works of the American aid in the territory. Half a million working days and 3 billion lire were utilised in the reconstruction of 11 main bridges and over 100 minor bridges, allowing

*a coadiuvare le Railway Troops nel ripristino dell'attraversamento del Po a Ostiglia sulla Line 69 che collega il Passo con Bologna. Del viadotto originario, costituito da sette campate di 73 m su pile in muratura, sono distrutte le spalle, gravemente danneggiate le due pile centrali e delle travi “accartocciate nel fiume” non c'è nulla di recuperabile. Inoltre, il materiale americano disponibile è scarsissimo e nessuna impresa è in grado di assicurare nuove forniture. Occorre ottimizzare il materiale delle scorte tedesche recuperato al Brennero. Così, si decide di ridurre le luci delle campate, costruendo un nuovo viadotto affiancato al vecchio: con i travetti tedeschi si fabbricano le maglie delle travi reticolari seguendo i manuali americani (travi Warren di 75 piedi di luce), mentre le nuove pile sono piattaforme fondate su tronchi di legno infissi, recuperati dall'esercito inglese nella “foresta” dell'Appennino durante la risalita in vista degli attraversamenti del Po. Una memorabile impresa (l'operazione “Springbok bridge”) si svolge, intanto, sulle sponde del fiume a Pontelagoscuro, dove per il ripristino del passaggio, il corpo Sud Africano delle Railway Troops allestisce uno speciale doppio Bailey (300 metri di luce diviso in quattro campate) in soli 9 giorni e mezzo di lavoro.*

## 5. CONCLUSIONI

*A soli quattro anni dall'armistizio, si avvia a conclusione la prima fase della ricostruzione materiale delle ferrovie italiane: oltre 3000 ponti sono stati ricostruiti. Al varo dei grandi ponti sul Po segue il ripristino della linea Civitavecchia-La Spezia, uno dei tratti più devastati dai guastatori e più significativi per lo smistamento degli aiuti americani sul territorio. Mezzo milione di giornate lavorative e 3 miliardi di lire sono impiegati per la ricostruzione di 11 grandi ponti e oltre 100 ponti minori che permettono di riallacciare il traffico con i principali porti tirrenici. È appaltata anche la ricostruzione definitiva del ponte sul Ticino a Sesto Calende, dove la Bonfiglio & Co di Milano lavora al montaggio della nuova travata; la ricostruzione del viadotto di Santo Spirito a Isernia, dove la campata metallica è sostituita (straordinariamente) da un arco in cemento armato di 65 m di luce realizzato dall'impresa Di Penta con il progetto di Cestelli Guidi. Il cantiere della grande struttura è di impronta americana, meccanizzato e “standardizzato”: allestita una centina lignea su pile di cemento armato, si procede al getto con una gru meccanizzata, mentre tutte le operazioni sono documentate dalle riprese e dei fotografi del Centro di documentazione di FS [11]. Non è l'unico esempio della fortunata contaminazione tra il metodo americano e il “saper fare” dei tecnici italiani: a conclusione dell'esperienza della ricostruzione ferroviaria in Italia nei manuali americani si aggiunge un'appendice di “Unusual methods”, procedimenti alternativi allo standard con esiti convenienti in Campagna. Si annota, ad esempio, come estendere il materiale da ponte con materiali “di recupero”*

for the reinstatement of traffic with the principal Tyrrhenian ports. The definitive reconstruction of the bridge over the Ticino in Sesto Calende was also contracted, seeing Milan's Bonfiglio & Co. working to assemble the new girder. The reconstruction of the Santo Spirito viaduct in Isernia, where the metal bay was replaced (extraordinarily) by a reinforced concrete arch with a 65-metre span created by the Di Penta company as part of the Cestelli Guidi project.

The worksite of the grand structure had a definitive American footprint, being mechanised and "standardised", with a wooden frame on reinforced concrete piles being set up and the casting completed using mechanised cranes. All operations were documented via filming and photography by the documentation centre of the Italian railway [11].

This was not the only example of the successful fusion between the American way and the "know-how" of Italian technicians - at the conclusion of the railway reconstruction process in Italy, an appendix of "Unusual Methods" was added to the American manuals, showing alternatives to the standard ways resulting in low-cost results in the Campagna region. It notes, for example, how to extend bridge material using "salvaged" materials and detailing unorthodox launching procedures. Amongst these was the "continuous Italian launching" that foresees launching a "train" of beams, stiffening them using the ends to avoid temporary boltage. As to the "trench set-up" which involves assembling the wall beams directly into the vertical position of launching, the assembly starts from the front and continues to the rear whilst movement commences under the pull of hand-winches.

In the worksites of the Italian scene, scaffold piping quickly spread, used at the service of the Sappers unit as material supplied by the army, right from outset of operations [12]. The tubes and clamps became "standard" materials in addition to that supplied to the American Army, permanently characterising the Italian structural engineering methods in the standard engineering methods of the American military. Traditional emergency Bailey bridges, Khon and Roth Wagner were launched, in Italy, with temporary boltage comprised of tubes and clamps or temporarily placed on scaffolding comprised of tubes.

Tubes and clamps were also very useful in the most delicate "emergency engineering" operations, for example where works on ancient structures was required. Such was the case of the Ponte Pietra in Verona, blown up by the retreating Germans and temporarily rebuilt with an evocative clamped weaving - a "mantle of pipes" that redesigned the old archway profiles of three arches destroyed. 170 tonnes of steel, 36,000 linear metres of pipes, over 20,000 joints replaced, with "a beautiful modern copy" of the impressive

*e si descrivono dettagliatamente procedure non ortodosse di varo. Tra queste il "varo continuo all'Italiana" che prevede di varare un "treno" di travi, irrigidendo le quelle di testa per evitare l'allestimento dei rostri temporanei. E "l'allestimento in trincea" che prevede di assemblare le travi parete direttamente nella posizione verticale di varo, iniziando il montaggio dalla parte anteriore e proseguendo fino alla coda mentre si avvia la movimentazione sotto il tiro di argani a mano. Nei cantieri del teatro italiano si diffonde rapidamente anche tubo Innocenti, messo a servizio del corpo dei Sappers come materiale in dotazione dell'esercito, fino dalle prime operazioni [12]. Il tubo-giunto diviene così un materiale "standard" che si aggiunge a quello in dotazione all'esercito americano caratterizzando definitivamente l'apporto italiano nei consueti metodi dell'ingegneria strutturale militare americana: i tradizionali ponti di emergenza Bailey, Khon e Roth Wagner si varano, in Italia, con rostri temporanei realizzati in tubo-giunto o temporaneamente appoggiate su castelli di tubi. Il tubo-giunto è utilissimo anche nelle operazioni più delicate di "emergency engineering", a esempio dove è richiesto l'intervento sulle strutture antiche. Come il caso del ponte Pietra a Verona, fatto saltare dai tedeschi in ritirata e temporaneamente ricostruito con un intreccio giuntato: un "manto di tubi" ridisegna l'antico profilo intradosale dei tre archi distrutti. 170 tonnellate di acciaio, 36 mila metri lineari di tubi, oltre 20 mila giunti sostituiscono - con "una bella copia dei nostri tempi" - l'imponente opera romana. Quando nei manuali del Genio Americano compaiono una serie di neologismi sulle inusuali (e efficaci) procedure adottate in Italia per la realizzazione delle strutture di guerra, i termini "strutture" e "centering", dedicato al consolidamento dei viadotti in muratura con l'allestimento di puntoni (struts) e "cerchiature", descrivono generalmente gli originali ripristini realizzati in traliccio Innocenti [13]. E quando, per proteggersi dai bombardamenti più duri, nell'estate del 1943, si attua in Italia un nuovo piano per la salvaguardia dei beni artistici, i tralicci Innocenti sono i nuovi e indiscussi protagonisti delle operazioni di emergency engineering. I provvedimenti presi preventivamente dal governo fascista con il "piano di protezione del patrimonio artistico nazionale della offesa della guerra aerea" [14] sono inadeguati per proteggere il vastissimo patrimonio storico da una guerra di territorio. Così, sul territorio si attua un puntuale "trinceramento" dei monumenti più esposti. Nuove protezioni realizzate, contro il tempo (nell'inverno del 1943-1944), con sacchi di sabbia allestiti sugli immancabili ponteggi di tubi si aggiungono ai primi "trinceramenti". A Roma, mentre la Colonna Antonina viene "foderata" con una nuova scocca in cemento armato, rapidamente gettata con l'ausilio dei ponteggi Innocenti, innalzati fino alla sommità per permettere un dettagliato rilievo fotografico dell'apparato scultoreo, il Monumento a Giulio II (noto come il Mosè) in San Pietro in Vincoli, i cui gruppi scultorei sono singolarmente "impacchettati" nella*

Roman work . When the American engineering manuals included a series of neologisms on unusual (and effective) procedures adopted in Italy for the realisation of the structures during the war, the words “structuring” and “centring”, dedicated to strengthening the viaducts in masonry with the creation of struts and “rims”, generally describe the original restorations made with scaffolding trellises [13].

When in the summer of 1943, in order to provide protection from the harshest bombings, an additional plan was implemented in Italy to safeguard the artistic assets, the scaffolding structures were the new and undisputed protagonists of the emergency engineering operations. The pre-emptive measures taken by the fascist government with the “plan to protect the national artistic heritage from the offenses of aerial warfare” [14] were inadequate in protecting the vast historical patrimony from a war within the territory. Thus, whilst the most important works of art, amongst those transportable, were swiftly sheltered in the Vatican storage areas, specifically on tube and clamp shelving, throughout the land, there was a timely “entrenchment” of the most exposed monuments. Working against the clock, new types of protection were made throughout the winter of 1943-1944, with sandbags set up on the ever-present tube scaffolding added to the first “entrenchment” operations.

In Rome, whilst the Colonna Antonina was “lined” with a new reinforced concrete shell, quickly cast with the help of the scaffolding, rising up to the top so as to ensure a detailed photographic relief of the sculptural apparatus, the Monument to Julius II (known as the Mosè) in San Pietro in Vincoli, whose sculptural groups were individually “packaged” in fiberglass, was further protected by a grid of pipes filled with sand.

In Milan, robust scaffolding frames were erected in Sant’Eustorgio to protect the Portinari Chapel and the Arca di San Pietro Martire. In Sant’Ambrogio, it was to protect the ciborium; in Santa Maria delle Grazie, Leonardo’s Last Supper - entrenched behind a double wall of sandbags - and in the church of San Satiro for the protection of the structures of the Battistero Bramantesco. A high structure of pipes was set up once again, this time on the facade of Milan’s Cathedral, later constituting the support for the recovery and the initial restoration of the statues damaged by the bombing. In Venice, rather, whilst the sculptures of the Doges were quickly removed and placed in storage, the tube and clamp set-up was the protagonist of the singular protection (a new face) of the Arche Scaligere - a double tube wall was filled with sandbags and protected externally by a continuous covering in wooden planks. During the bombings, images taken in May 1944 depict the interior of the *Cappella degli Scrovegni* in Padua where a sturdy double wall of pipes and sandbags, braced

*lana di vetro, è ulteriormente protetto da un graticcio di tubi riempiti di sacchetti di sabbia. A Milano, robusti scheletri di tubi Innocenti si erigono in Sant’Eustorgio a protezione della Cappella Portinari e dell’Arca di San Pietro Martire; in Sant’Ambrogio per la protezione del ciborio; in Santa Maria delle Grazie per la protezione del Cenacolo di Leonardo – trincerato dietro una doppia parete di sacchi di sabbia – e nella chiesa di San Satiro per la protezione delle strutture del Battistero Bramantesco. Mentre un’alta struttura di tubi allestita, ancora una volta, sulla facciata del Duomo di Milano, costituisce il supporto per il recupero e il primo restauro delle statue danneggiate dai bombardamenti. A Venezia, invece, mentre le sculture dei Dogi sono rapidamente asportate per essere conservate nei depositi, il tubogiunto è protagonista della singolare protezione (una nuova faccia) delle Arche Scaligere: una doppia parete di tubi riempita di sacchi di sabbia e protetta esternamente da un rivestimento continuo in tavolato ligneo. Durante i bombardamenti, poi, immagini, scattate a maggio 1944, ritraggono l’interno della Cappella degli Scrovegni a Padova in cui una robusta doppia parete di tubi e sacchi di sabbia, controventata al centro da una struttura diagonale, corre lungo tutto il perimetro della sala a protezione dei preziosi affreschi di Giotto.*



in the middle by a diagonal structure, runs along the entire perimeter of the space within to protect Giotto's precious frescoes.

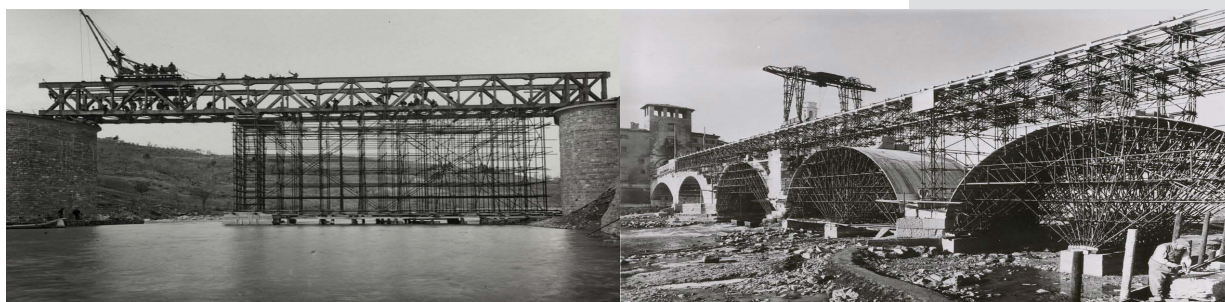


Figure 2. Innocenti scaffolding for “emergency engineering”: Ponte Pietra in Verona (1946, Dalmine Historical Archive) and the launch of a Roth Wagner beam over the river Arno (1945, Alinari Historical Archive).

## 6. REFERENCES

- [1] T. Iori, S. Poretti, *Fotoromanzo SIXXI. 4. La Ricostruzione*, SIXXI 2–Storia dell’ingegneria strutturale in Italia, Gangemi, Roma 2015, pp. 111-152
- [2] Central Mediterranean Force, *Railway Reconstruction Italy, September 1943-January 1946*, Titopolitografia Ferrovie dello Stato Italiane, Roma 1946.
- [3] O. Spinelli, *Dramma delle ferrovie italiane, Distruzione Rinascita*, “Le vie d’Italia”, 2, 1946, pp.124-136
- [4] G. Di Raimondo, “Ricostruire”, “Ingegneria ferroviaria”, 1, 1946, pp. 3-8.
- [5] Archivio Storico Anas, fondo Riparazioni Danni di Guerra (RDG) documenti ex Ufficio Speciale del Genio Civile per la Viabilità Statale, dispacci della Public Works and Utilities Sub Commisision della Headquarters Allied Commission.
- [6] Archivio Storico Anas, Caserta RDG 138, ponte sul Garigliano della SS Appia, disegni e calcolo dei pesi delle travate metalliche proveniente dalla demolizione del ponte militare per il trasporto alla casa cantoniera di Francolise.
- [7] D. Bagbie, G. Roberts, *Bridging in the Second World War: an imperative to victory*, ICE proceedings, 167, 2014, pp. 111-121.
- [8] NARA, Photographs of U.S. Air Force, World War II, 342-FH-3A23011A-52085AC, Theatre 12, Italy, www.Fold3.com, Historical Military Records.
- [9] NARA, Record of Allied Operations, Records Relating to the monuments, fine arts, archives section of the war department’s civil affairs division, 1943–1946, 63 [AMG-11(a)], “preservation of works of art in italy”, pamphlet for distribution to troops [AMG-25].
- [10] Archivio Storico Anas, Milano RDG, fasc. 1195920, Ricostruzioni urgenti, dispacci Headquarters Allied Military Government, Lombardia Region, Public Works and Utilities Division (PWU)
- [11] Archivio Storico Fondazione Ferrovie dello Stato, documentario 02.0008, “Il ponte di Santo Spirito”, 1950, 10 min, 35 mm, regia di Piero Benedetti
- [12] I. Giannetti, *Il tubo Innocenti. Protagonista invisibile della Scuola Italiana di Ingegneria*, Gangemi, Roma 2017, pp. 43-49.
- [13] Central Mediterranean Force, *Railway Reconstruction Italy ...*, cit., capitolo “Bridging Supplements. Notes on Military Railway Engineering”.
- [14] Direzione Generale delle Arti (a cura di), *La protezione del patrimonio artistico nazionale dalle offese della guerra Aerea*, Felice Le Monnier, Firenze 1941