



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

**PONTI STRADALI PROVVISORI SMONTABILI E/O RIUTILIZZABILI
CON
STRUTTURA IN ACCIAIO**

**Linee Guida sulla Sicurezza, Qualificazione, Progettazione,
Realizzazione di ponti provvisori smontabili e/o riutilizzabili e
degli elementi strutturali che li costituiscono**

SOMMARIO

1	Campo di applicazione.....	3
2	Riferimenti normativi	4
3	Definizioni.....	4
4	Componenti diversi dall'impalcato.....	6
5	Protezione bordo ponte	7
6	Progetto e processo di montaggio	7
6.1	Contenuti minimi degli elaborati progettuali dell'intervento.....	7
6.2	Regolare installazione	8
7	Collaudo e consegna.....	8
7.1	Collaudo statico.....	8
7.2	Utilizzo da parte del gestore stradale	9
8	Periodo di esercizio dell'opera	9
8.1	Monitoraggio in corso di utilizzo.....	9
8.2	Ispezioni, manutenzione e riparazione	9
9	Smontaggio, verifica dell'idoneità al reimpiego e stoccaggio	9
10	Obblighi del proprietario	10
10.1	Registro degli impieghi.....	10
10.2	Cessione del titolo di proprietà (vendita)	10
10.3	Cessione temporanea a terzi (prestito)	10
11	Strutture metalliche da ponte provvisorio esistenti alla data di entrata in vigore delle presenti II.gg.	
	10	
11.1	Soggetto verificatore e piano delle indagini	10
11.2	Contesto normativo	11
11.3	Progetto della conoscenza	13
11.4	Vulnerabilità specifiche dei ponti smontabili.....	15
11.5	Rilievi e Indagini sperimentali	16
11.5.1	Prove non distruttive (ND)	16
11.5.2	Prove distruttive.....	17
11.5.3	Prove ND in vera grandezza	17
11.6	Documenti.....	18
11.7	Definizione dei parametri caratteristici dei materiali	19
12	Componenti metallici di recente fabbricazione per ponti smontabili	20
13	Procedura di realizzazione dell'“intervento”	20

1 CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente Linea Guida, non in contrasto con le Norme tecniche per le costruzioni vigenti, costituisce riferimento di comprovata validità ai sensi del capitolo 12 “Riferimenti tecnici” di queste ultime e si applica alle strutture metalliche di ponti stradali smontabili e riutilizzabili di tipo modulare. Si tratta generalmente di ponti logistici (tra cui i cosiddetti “Bailey”) sviluppati in ambito militare, per traffico militare e civile, realizzati con elementi componibili in acciaio e diffusamente utilizzati per il celere ripristino delle interruzioni stradali.

Un esempio classico di ponti smontabili a struttura metallica è rappresentato dai cosiddetti ponti Bailey, ponti originariamente sviluppati per uso militare nella Seconda guerra mondiale, ma dopo la guerra frequentemente usati anche per applicazioni civili. Ancora oggi si possono trovare vecchi ponti Bailey in tutto il mondo. Il successo di tale tipologia di ponte era dovuto alla semplicità di fabbricazione e di assemblaggio dei suoi componenti modulari (pannelli, traverse, longarine e impalcato di legno) che permetteva agli ingegneri militari di costruire ponti di diversa lunghezza e di portate adeguate alle necessità del tempo. Un'altra caratteristica del ponte Bailey era la sua capacità di essere varato a spinta utilizzando un cosiddetto “avambecco di varo”. Il ponte era posto su rulli e semplicemente spinto, usando manodopera o un camion o un veicolo cingolato. Una volta in posizione, i rulli venivano rimossi (con l'aiuto di martinetti) e il ponte veniva ultimato con il montaggio dell'impalcato.

Per le altre componenti strutturali diverse dall'impalcato, si farà riferimento a quanto riportato al § 4 della presente linea guida ai fini delle valutazioni necessarie e obbligatorie relative agli aspetti strutturali, geologici, geotecnici ed idraulici.

L'impiego di questa tipologia di ponte, oltre al campo militare, si configura nei seguenti casi:

- situazioni di emergenza e soccorso urgente alle popolazioni colpite da calamità;
- impiego ordinario limitato nel tempo a favore di Regioni, Enti locali, Pubbliche Amministrazioni o altri Soggetti Gestori;

Tuttavia, ai sensi del §2.4.1 delle NTC, il sistema costituito dal complesso di materiali ed accessori di tipo modulare, smontabili e riutilizzabili, che costituiscono l'impalcato del ponte, non è da considerarsi temporaneo.

Le presenti Linee Guida non si applicano nel caso di:

- 1) impiego in «operazioni militari» degli elementi da ponte in questione, non facendo parte, quest'ultimo, del campo di applicazione del D.P.R. n°380/2001 (Testo Unico sulle Costruzioni) e, quindi, delle NTC18, per il quale dovranno essere applicate le specifiche norme e i regolamenti tecnico-militari di settore.
- 2) impiego in situazioni di **emergenza di rilievo nazionale** formalmente dichiarate e nei limiti connessi alle suddette dichiarazioni di emergenza e alle conseguenti ordinanze di Protezione Civile, così come stabiliti dalla legislazione di settore applicabile.

Non si applicano, altresì, ai ponti stradali smontabili e riutilizzabili di tipo modulare, già in opera alla data di entrata in vigore delle presenti Linee Guida, che dovranno essere trattati con i dettami delle “Linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti”.

Le presenti Linee Guida si applicano, nel caso di impieghi su strade aperte all'uso pubblico, nei seguenti casi:

- 1) nel caso di situazioni che, sebbene nate in un contesto di **emergenza di rilievo nazionale** formalmente dichiarato, si prolungano oltre la durata dello stesso stato emergenziale.
- 2) nel caso di «concorso a favore di altre Amministrazioni dello Stato», per la realizzazione di opere destinate all'ordinario assolvimento dei bisogni della collettività.

In questi due casi, i periodi di esercizio non possono eccedere i 5 anni dall'installazione.

Nel caso in cui, motivandone le ragioni, occorra mantenere in funzione la struttura oltre tale limite temporale, ciò è consentito purché, previa ispezione, sia progettato e installato un sistema di monitoraggio, o siano pianificate azioni di monitoraggio che consentano di controllare l'evoluzione dello stato di conservazione della struttura e dei danni o difetti rilevati durante l'ispezione precedentemente richiamata. Il sistema di monitoraggio deve essere attivato almeno 6 mesi prima della scadenza dei 5 anni. L'estensione si interrompe, comunque, nel caso in cui il monitoraggio dia evidenza di evoluzione non gestibile dei fenomeni posti sotto controllo. L'estensione dell'uso può comunque essere effettuata una sola volta, per un periodo non superiore ad ulteriori 5 anni.

Le presenti Linee Guida non forniscono i criteri di individuazione e le modalità di attuazione dell'eventuale limitazione di accesso al ponte, in termini di dimensioni e limiti di massa dei veicoli che lo impegnino, che restano di esclusiva competenza del Gestore stradale.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.M. 17/01/2018. Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni". Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale" n. 42 del 20 febbraio 2018 - Serie generale.
- C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni. Circolare 21 gennaio 2019, n. 7. Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale" n. 5 del 11 febbraio 2019 - Serie generale.
- Linee Guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti, adottate con D.M. 01.07.2022 n. 204. "Gazzetta Ufficiale" n. 196 del 23 agosto 2022 - Serie generale (nel seguito "LLGG ponti").
- "Istruzioni operative per l'applicazione delle Linee Guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti" redatte da ANSFISA e adottate con Decreto del Presidente del consiglio superiore dei lavori pubblici n. 413 del 5 novembre 2025.
- D.P.R. 6 giugno 2001 n.380 - Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.
- Nuovo Codice della strada (d. lgs. 30 aprile 1992, n. 285) e relativo regolamento di esecuzione e di attuazione (D.P.R. 16 dicembre 1992, n. 495).

3 DEFINIZIONI

Complezzo delle definizioni più significative:

- **Ponte smontabile:** complesso costituito dall'impalcato provvisorio e dalle sottostrutture per il ripristino temporaneo di interruzioni stradali.
- **Impalcato:** sistema costituito dal complesso di materiali ed accessori di tipo modulare, smontabili e riutilizzabili, che costituiscono l'impalcato del ponte.
- **Sottostrutture:** opere, diverse dalla struttura metallica costituente l'impalcato, necessarie per consentire la piena utilizzazione del manufatto, quali, a titolo non esaustivo, pile, spalle, rilevati, apparecchi di appoggio.
- **Componenti dell'impalcato:**
Gli elementi costituenti l'impalcato assumono varie denominazioni a seconda della tipologia del ponte. Tipicamente, a titolo non esaustivo, tali manufatti sono costituiti da:

- Pannelli reticolari per travi longitudinali
 - Briglie di rinforzo
 - Travi trasversali
 - Controventi
 - Bulloni e perni
 - piastre di impalcato
 - Etc.
- **Fabbricante:** soggetto che immette sul mercato l'impalcato smontabile di nuova costruzione, che può anche coincidere con il produttore dello stesso o dei suoi componenti.
 - **Intervento:** montaggio dell'impalcato e realizzazione o ricostruzione, ove occorra, delle sottostrutture.
 - **Gestore stradale:** soggetto che esplica i compiti richiamati dall'art. 14 del decreto legislativo n. 285/1992 (Nuovo Codice della Strada), tra i quali:
 - la manutenzione, gestione e pulizia delle strade, delle loro pertinenze e arredo, nonché delle attrezzature, impianti e servizi;
 - il controllo tecnico dell'efficienza delle strade e relative pertinenze;
 - rilascio delle autorizzazioni e delle eventuali concessioni.
 - **Proprietario:** soggetto, eventualmente coincidente con il Gestore stradale, che possiede l'impalcato e che lo rende disponibile al Gestore stradale previa stipula di convenzione/contratto.
 - **Verificatore:** soggetto incaricato dal Proprietario di verificare l'idoneità all'impiego (attraverso una valutazione di sicurezza) o al reimpiego del materiale costituente l'impalcato, tramite apposita attività manutentiva ed ispettiva, disciplinata anche attraverso la redazione di uno specifico Piano delle indagini.
 - **Progettista:** professionista incaricato dal gestore stradale di progettare l'intervento. Egli effettua la progettazione/verifica delle sottostrutture e, avvalendosi eventualmente della consulenza del Proprietario, definisce la configurazione di progetto dell'impalcato, individuandola tra le configurazioni tabellari contenute nel Fascicolo dell'impalcato.
 - **Direttore dei lavori:** professionista incaricato dal Gestore stradale di effettuare la direzione dei lavori dell'intervento secondo i compiti e le responsabilità di cui alla vigente normativa in materia.
 - **Collaudatore statico:** professionista incaricato dal Gestore stradale del collaudo dell'intervento, i cui compiti e responsabilità sono disciplinati dalla vigente normativa in materia.
 - **Installatore:** soggetto incaricato, secondo quanto convenuto nella Convenzione/contratto, di montare e/o smontare l'impalcato.
 - **Convenzione/contratto:** accordo stipulato tra il Proprietario e il Gestore stradale per disciplinare l'intervento, comprendente gli adempimenti tecnico-economici a carico dei soggetti contraenti in merito alla fornitura e montaggio dell'impalcato ed alla realizzazione di eventuali lavori complementari. A titolo esemplificativo e non esaustivo, altri elementi da includere possono essere:
 - il termine temporale di prevista utilizzazione;
 - gli eventuali accordi specifici circa la gestione in esercizio;
 - l'apposizione della segnaletica stradale;
 - le misure finalizzate al rispetto delle condizioni di circolazione e delle limitazioni al transito;
 - gli obblighi di cui ai capitoli 10, 11 e 12 delle presenti Linee Guida;
 - eventuale dichiarazione liberatoria di responsabilità nei confronti del Proprietario per eventuali danni a persone, animali e cose derivanti dall'utilizzo del ponte.

- **Fascicolo dell'impalcato:** è il documento finalizzato alla caratterizzazione tecnica dell'impalcato. I suoi contenuti sono specificati al §6.1. È redatto dal Fabricante e costantemente aggiornato a cura del Proprietario. Il Fascicolo in questione costituisce la documentazione di accompagnamento obbligatoria dell'impalcato.
Con riferimento agli impalcati esistenti, il fascicolo è redatto dal Proprietario prima dell'impiego successivo alla data di entrata in vigore delle presenti Linee Guida.
- **Fascicolo delle sottostruuture:** è l'insieme delle indagini e delle relazioni/conoscenze specialistiche previste dalle norme tecniche vigenti (geotecnica, idraulica, strutturale, trasportistica, ecc.) a supporto della realizzazione dell'intervento nel suo complesso.
- **Attestazione di idoneità al reimpianto:** documento redatto dal Proprietario una volta acquisita la positiva verifica effettuata, da parte del soggetto Verificatore, sulla base del Manuale d'uso dell'impalcato. Tale documento è parte integrante del "Fascicolo dell'impalcato".

4 COMPONENTI DIVERSI DALL'IMPALCATO

In linea generale, le spalle, eventuali pile e gli appoggi possono essere strutture esistenti ma anche di nuova costruzione.

Trattandosi di componenti non compresi nell'impalcato, per la relativa valutazione di sicurezza, progettazione e realizzazione, occorre riferirsi alle NTC vigenti, nel caso di elementi strutturali di nuova costruzione realizzati senza l'utilizzo di componenti smontabili e riutilizzabili e, nel caso ci si avvalga di strutture esistenti, anche alle LINEE GUIDA PER LA CLASSIFICAZIONE E GESTIONE DEL RISCHIO, LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA ED IL MONITORAGGIO DEI PONTI ESISTENTI, nonché alle "Istruzioni operative per l'applicazione delle Linee Guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti". Nel caso, invece, che tali elementi strutturali siano realizzati con l'utilizzo di componenti smontabili e riutilizzabili, allora si applicano i dettami delle presenti Linee Guida.

Qualora sia prevista la rimozione, il progetto di tali strutture di supporto (fondazioni, spalle, pile, rampe) deve prevedere anche le modalità della loro dismissione (smontaggio, demolizione o sistemazione, smaltimento), che dovrà avvenire contestualmente alla rimozione dell'impalcato stesso per cessata utilità, ai fini del ripristino delle condizioni ambientali.

In ogni caso, qualora, per tali elementi strutturali, sia prevista la rimozione insieme all'impalcato provvisorio che devono sostenere, per le valutazioni di sicurezza necessarie, si può utilizzare il "tempo di riferimento", t_{ref} , ossia l'arco temporale cui è convenzionalmente riferita la verifica secondo quanto riportato all'interno delle presenti Linee Guida.

Va comunque evidenziato, ai sensi del § 2.4.1. delle NTC vigenti, che le costruzioni e/o parti di esse che possono essere smontate e riutilizzate non sono da considerarsi temporanee e vanno classificate, ai fini della determinazione della vita nominale, come opere con livelli di prestazione ordinari ($VN \geq 50$ anni) o elevati ($VN \geq 100$ anni).

5 PROTEZIONE BORDO PONTE

Non sono da prevedere protezioni bordo ponte aggiuntive rispetto a quelle previste dal Fascicolo dell’impalcato, a condizione di garantire transiti dei veicoli ad una velocità massima di 30 km/h, sempre se compatibili con le verifiche strutturali.

Le rampe di accesso di raccordo con la viabilità preesistente, ancorché temporanee, saranno configurate in modo da indurre una progressiva transizione fra velocità max di transito e velocità di progetto della tratta viaria in cui si inserisce il ponte smontabile, potendosi utilizzare a tal fine i rallentatori di velocità di cui all’art. 179 del Regolamento di attuazione del Codice della strada.

Il limite di velocità è segnalato in accordo alle disposizioni del Nuovo codice della strada. Il Gestore stradale valuta, in relazione alle specifiche condizioni locali e di traffico, se installare sistemi di rilevamento automatico del superamento del limite di velocità.

6 PROGETTO E PROCESSO DI MONTAGGIO

Le caratteristiche geometriche e costruttive degli elementi costituenti un ponte smontabile sono esattamente individuate nel manuale e nelle specifiche istruzioni d’uso del ponte e, pertanto, la scelta della configurazione e il dimensionamento del ponte sono generalmente effettuati anche con riferimento a contenuti tabellari sintetici, note le esigenze dei carichi e la luce da superare, a meno di analisi approfondite che si rendessero necessarie.

Pertanto, il Progettista definisce la configurazione di progetto dell’impalcato generalmente sulla base delle configurazioni tabellari e degli schemi di carico tipologici presenti nel Fascicolo, eventualmente avvalendosi della consulenza del Proprietario, se ciò è disciplinato nella Convenzione/contratto.

Nella progettazione occorre tenere in debito conto le problematiche, connesse ai luoghi, relative al montaggio dell’opera. Il Progettista dovrà in tal senso eseguire, altresì, accurate verifiche di sicurezza nei confronti delle sollecitazioni indotte dalle procedure di montaggio.

6.1 CONTENUTI MINIMI DEGLI ELABORATI PROGETTUALI DELL’INTERVENTO

L’intervento dovrà essere corredata dal “Fascicolo dell’impalcato” e dal “Fascicolo delle sottostrutture”. Il “Fascicolo dell’impalcato” è consegnato al Progettista dal Proprietario e deve essere almeno composto da:

- una relazione generale, illustrativa del processo di dimensionamento strutturale, ossia del processo di scelta, note le esigenze dei carichi e la luce da superare, della configurazione dell’impalcato individuata tra le configurazioni tabellari presenti nel Fascicolo e del relativo dimensionamento;
- disegni generali e particolari costruttivi relativi alla tipologia e configurazioni realizzabili, evidenziando i dati dimensionali dell’opera (lunghezza, larghezza di ingombro, carreggiata), i componenti costruttivi complementari (quali, per esempio, rampe di accesso e superfici di usura);
- il registro degli impieghi;
- ogni manuale e/o procedura utile al montaggio e alla manutenzione periodica ed alla gestione dell’impalcato;
- l’attestazione di idoneità al reimpegno del materiale dell’impalcato, rilasciata dal Proprietario una volta acquisita la positiva verifica, effettuata da parte del soggetto Verificatore, sulla base del Piano delle indagini appositamente redatto.

Il “fascicolo delle sottostrutture”, redatto dal Progettista, su incarico del Gestore stradale, contiene almeno le seguenti indicazioni:

- località e tempo di utilizzazione;
- caratteristiche della viabilità da raccordare al ponte;
- lavori di movimento terra da effettuare per la sistemazione degli appoggi e dei raccordi stradali;
- ogni relazione di calcolo utile alla progettazione delle sottostrutture;
- dati di natura geologica e geotecnica per la verifica di stabilità di spalle e verifiche di sicurezza delle fondazioni;
- nel caso di attraversamenti di corsi d’acqua naturali, la piena e il massimo livello liquido di progetto, da definire in relazione alle caratteristiche idrologiche del bacino idrografico sotteso e a quelle idrauliche dell’alveo. Il tempo di ritorno del massimo livello liquido in corrispondenza dell’attraversamento è scelto assumendo che il rischio specifico (prodotto tra probabilità dell’evento e vulnerabilità) dell’opera provvisoria sia il medesimo che si avrebbe nel caso di opera definitiva, tenuto conto del tempo di utilizzazione e della eventualmente diversa vulnerabilità assunta. Per le opere trasversali, quali quelle oggetto delle presenti Linee Guida, la quota di imposta non deve essere inferiore a quella dell’attuale argine e deve garantire comunque un franco idraulico di almeno 1,5 m (per consentire il passaggio dei detriti galleggianti).
- limitazioni al traffico e vincoli tecnici;
- elementi di informazione complementari ritenuti necessari.

6.2 REGOLARE INSTALLAZIONE

Il Direttore dei Lavori, dopo aver preso visione degli elaborati progettuali, acquisito il certificato di corretto montaggio da parte dell’Installatore, redige un verbale di regolare installazione, con il quale attesta la conformità dell’impalcato alle istruzioni tecniche contenute nel manuale d’uso e agli eventuali particolari accorgimenti adottati. In tale verbale, devono essere riportati almeno i seguenti dati:

- descrizione della struttura realizzata;
- descrizione dei controlli effettuati nel corso e al termine del montaggio;
- descrizione di eventuali prove eseguite sui materiali e/o di carico;
- presa visione del registro degli impieghi e degli esiti dei controlli eseguiti sui componenti.

Il sopracitato verbale è allegato alla relazione, a struttura ultimata.

7 COLLAUDO E CONSEGNA

7.1 COLLAUDO STATICO

L’entrata in esercizio del ponte può avvenire solo a seguito del collaudo statico dell’Intervento, promosso ed eseguito a cura del Gestore della strada nella quale si innesta il manufatto ai sensi della L. 1086/1971, dell’art. 67 del D.P.R. 380/2001 e dello specifico capitolo riportato nelle Norme Tecniche per le Costruzioni in vigore. Si evidenzia che per le strutture realizzate con l’utilizzo di componenti smontabili e riutilizzabili è richiesta, qualora ritenuto sufficiente, la sola acquisizione ed esame dei documenti di cui ai precedenti §§ 6.1 e 6.2 e, comunque, in ogni caso devono essere eseguite le opportune prove di carico con la valutazione dei relativi esiti secondo i dettami delle NTC vigenti.

7.2 UTILIZZO DA PARTE DEL GESTORE STRADALE

Concluse positivamente le operazioni di collaudo con l'emissione del relativo certificato, il Gestore stradale diventa l'unico soggetto responsabile del ponte nell'intero periodo di esercizio, con particolare riferimento agli obblighi di cui al §8 delle presenti LL.GG.

8 PERIODO DI ESERCIZIO DELL'OPERA

8.1 MONITORAGGIO IN CORSO DI UTILIZZO

Per quanto riguarda il monitoraggio strumentale in corso di utilizzo, si può fare riferimento a quanto contenuto nel capitolo 7.6 delle LL. GG. Ponti vigenti. La definizione del piano di monitoraggio è di competenza del Progettista. Il monitoraggio deve riguardare anche le limitazioni di transito imposte ed è effettuato sotto la responsabilità del Gestore della strada. Tra gli elementi di rilevanza strutturale e potenzialmente critici in relazione alle azioni cui sono sottoposti nel corso delle fasi di montaggio/smontaggio, nonché di esercizio, sono da tenere in debito conto, nella definizione del suddetto piano di monitoraggio, le giunzioni ed i loro componenti.

Deve, altresì, essere predisposto un servizio di chiusura al traffico qualora siano da temersi eventi di piena superiori a quello di progetto.

8.2 ISPEZIONI, MANUTENZIONE E RIPARAZIONE

Per quanto riguarda le ispezioni, le operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria, e le riparazioni/sostituzioni, tali attività saranno in capo, per l'intero periodo di esercizio, al Gestore stradale, e dovranno essere effettuate in aderenza alle prescrizioni tecniche contenute nel Fascicolo dell'impalcato. A valle dello smontaggio della struttura metallica, con riconsegna della stessa al Proprietario, tali operazioni sono sotto la responsabilità di quest'ultimo, secondo quanto specificato nel paragrafo seguente.

Le ispezioni periodiche, per le quali è possibile altresì fare utile riferimento a quanto previsto dalle LLGG ponti, hanno anche lo scopo di prevenire inefficienze generate dalla normale usura d'impiego, e consistono, principalmente, in un controllo visivo dettagliato di tutte le parti dell'opera, al fine di verificare la presenza di ogni possibile segnale di degrado, di malfunzionamento o di danneggiamento.

Deve, altresì, essere verificata l'insorgenza di fenomeni erosivi d'alveo in corrispondenza delle spalle e delle pile eventualmente presenti.

9 SMONTAGGIO, VERIFICA DELL'IDONEITÀ AL REIMPIEGO E STOCCAGGIO

Al termine di ogni applicazione della struttura metallica d'impalcato, dopo lo smontaggio, la stessa deve essere verificata, a carico del soggetto Verificatore individuato dal Proprietario, in ogni suo elemento, secondo le procedure di seguito specificate, prima di essere immagazzinata, in modo che prima del riutilizzo sia già stata verificata la sua idoneità.

L'attività manutentiva ed ispettiva ha lo scopo di:

- effettuare opportuna verifica dimensionale (visiva e strumentale);

- individuare eventuali difetti e danneggiamenti;
- procedere ad effettuare, con sollecitudine, le necessarie attività di manutenzione per evitare, ridurre e/o arrestare un danno;
- eseguire i controlli previsti dal capitolo 11 nella misura e nella quantità ritenute opportune a valle della verifica visiva e strumentale sopra citata, in aderenza al manuale d'uso dell'impalcato.

10 OBBLIGHI DEL PROPRIETARIO

10.1 REGISTRO DEGLI IMPIEGHI

Deve essere tenuto un registro di ogni impiego dell'impalcato, che consenta:

- di registrare la storia delle applicazioni effettuate, permettendo di risalire ai carichi e alle sollecitazioni che ha subito in relazione alle configurazioni di utilizzo, nonché agli elementi coinvolti nei vari periodi di esercizio;
- tenere traccia dell'impiego delle singole componenti del ponte (pannelli, travi reticolari, travi trasversali, elementi di controvento, ecc.), in modo da poter risalire, per ogni componente, alla localizzazione del medesimo all'interno della struttura ogni qualvolta si effettua il montaggio;
- tenere traccia delle manutenzioni e riparazioni, con descrizione dell'intervento effettuato, che ogni singolo elemento abbia subito durante la sua vita, comprendendo anche le eventuali sostituzioni.

10.2 CESSIONE DEL TITOLO DI PROPRIETÀ (VENDITA)

In caso di cessione, opportunamente formalizzata tramite atto ufficiale, del titolo di proprietà dell'impalcato, non devono andare disperse le informazioni contenute nei registri di cui ai paragrafi precedenti. Non è consentita la cessione (vendita) di un impalcato che non sia dotato dello specifico fascicolo sopra citato che racchiuda il registro degli impieghi e la tracciabilità dei componenti di cui ai precedenti paragrafi.

10.3 CESSIONE TEMPORANEA A TERZI (PRESTITO)

Nel caso in cui il Proprietario ceda temporaneamente un impalcato ad una amministrazione o a privati, fermo restando la formalizzazione della cessione tramite atto ufficiale, permangono gli obblighi di cui al paragrafo precedente (Vendita).

11 STRUTTURE METALLICHE DA PONTE PROVVISORIO ESISTENTI ALLA DATA DI ENTRATA IN VIGORE DELLE PRESENTI LL.GG.

11.1 SOGGETTO VERIFICATORE E PIANO DELLE INDAGINI

Il presente paragrafo fornisce al Proprietario le istruzioni per la verifica dell'idoneità all'impiego, sulla base dei dati già disponibili o di nuova acquisizione, dei vari componenti che costituiscono i ponti smontabili, di cui non sia disponibile, a titolo esemplificativo e non esaustivo, uno o più dei seguenti documenti:

- elaborati grafici;
- relazioni e modellazioni di calcolo;
- documentazione completa di tracciabilità dei componenti e dei materiali;

- dichiarazioni di prestazione;
- registro di utilizzo e manutenzione;
- manuale di montaggio.

La verifica dell'idoneità all'impiego del materiale dell'impalcato è effettuata dal soggetto Verificatore incaricato dal Proprietario ed ha la finalità di verificare/ripristinare l'idoneità del materiale dopo l'utilizzo, rilevandone in particolare le caratteristiche meccaniche, costruttive e geometriche attraverso l'esecuzione di prove e controlli disciplinati da un apposito "Piano delle indagini".

Secondo il § 8.1 delle NTC18 (D.M. 17.1.2018), si intende per *costruzione esistente* quella costruzione che *alla data della redazione della valutazione di sicurezza sia stata "completamente realizzata"*. Declinando tale concetto al caso specifico, in considerazione della natura di componibilità delle strutture metalliche da ponte con gli elementi già tutti realizzati, le medesime rientrano a pieno titolo all'interno di tale definizione. Questo anche per il fatto che i singoli elementi, prodotti specificatamente allo scopo di realizzare un'opera di scavalcio, possono essere considerati come un ponte esistente in stato disassemblato.

Tanto premesso, sebbene le grandezze che è necessario conoscere per la stima della sicurezza strutturale in fase di progetto di una nuova costruzione, o per la valutazione della sicurezza di una costruzione esistente, siano sostanzialmente le stesse, le incertezze ad esse legate sono diverse per natura e per intensità. Nel primo caso, ampiamente trattato nella letteratura tecnica, si effettua una previsione basata su esperienze precedenti, seguita da un controllo a posteriori in fase di esecuzione e collaudo. Nel secondo caso, la costruzione esiste già, generalmente con caratteristiche diverse da quelle iniziali, a causa di potenziale degrado o interventi successivi, e/o perché soggetta ad azioni diverse da quelle per cui era stata inizialmente concepita.

Le istruzioni che seguono possono applicarsi, nei principi e nei criteri di definizione della numerosità delle indagini, a tutte le opere di cui trattasi nella presente linea guida, indipendentemente dalla tipologia costruttiva. Sono escluse le indicazioni relative alle sottostrutture, per le quali utile riferimento può essere quanto riportato nelle LLGG ponti.

Il tecnico incaricato può comunque richiedere, nel proprio Piano di Indagine, di eseguire ulteriori controlli non distruttivi (ND), qualora ritenuti utili, al fine di approfondire la conoscenza di specifici difetti ed ottenere tutte le informazioni necessarie per svolgere la valutazione di sicurezza e il convincimento sull'idoneità all'uso.

11.2 CONTESTO NORMATIVO

Il contesto normativo di riferimento è rappresentato dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17.01.2018, nel seguito NTC18. In particolare, il capitolo 8 introduce concetti che permettono di tenere conto delle incertezze sulla conoscenza della struttura e delle caratteristiche proprie dei materiali attraverso opportuni fattori di confidenza. Questo avviene con l'introduzione di determinati livelli di conoscenza che si è in grado di raggiungere, ovvero della confidenza con cui si possono definire la capacità e i dettagli costruttivi delle singole membrature portanti che costituiscono le opere in esame e, quindi, le opere nel loro complesso.

I "Livelli di Conoscenza" e i relativi Fattori di Confidenza (FC) sono definiti all'interno del § 8.5.4 delle NTC18: *"8.5.4. LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA. Sulla base degli approfondimenti effettuati nelle fasi conoscitive sopra riportate, saranno individuati i "livelli di conoscenza" dei diversi parametri coinvolti nel modello e definiti i correlati fattori di confidenza, da utilizzare nelle verifiche di sicurezza. Ai fini della scelta del tipo di analisi e dei valori dei fattori di confidenza si distinguono i tre livelli di conoscenza seguenti, ordinati per informazione crescente: -LC1; - LC2; - LC3."*

Le NTC18 non dedicano una sezione specifica alla definizione dei livelli di conoscenza da conseguire per la verifica di tali strutture; la Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP., in seguito Circolare, al paragrafo C8.8.3 “Livello di conoscenza e fattori di confidenza” non entra nel dettaglio, limitandosi a specificare che “Occorre disporre dei valori di tutte le grandezze geometriche e meccaniche che consentono una verifica del tipo indicato al §C8.8.5”.

Le “Linee Guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti”, in seguito LLGG ponti, ribadiscono l’importanza del percorso conoscitivo quale attività imprescindibile e propedeutica alle successive valutazioni di sicurezza. Al § 6.1.2 si legge, infatti: *“La conoscenza del manufatto è un passaggio cruciale per comprendere il reale comportamento della costruzione, in funzione delle vicende costruttive, dei fenomeni di degrado e delle eventuali trasformazioni subite nel corso degli anni. L’obiettivo principale del processo conoscitivo è la riduzione delle incertezze legate alla valutazione dei carichi, comportamento dei materiali e delle strutture, così da raggiungere livelli di conoscenza appropriati in funzione delle verifiche da eseguire”*.

La conoscenza rappresenta, quindi, un passaggio cruciale per l’utilizzo dei prodotti a disposizione, consentendo la comprensione del reale comportamento dell’opera mediante anche l’approfondimento delle vicende costruttive di montaggio e smontaggio, dei fenomeni di degrado, usura e modifica intercorsi durante l’esercizio.

Per raggiungere un appropriato livello di conoscenza è necessario condurre un’analisi storico-critica di tutta la documentazione disponibile (eventuale manuale di progetto e manutenzione originario, documenti in cui sono stati registrati interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, rapporti di eventuali indagini pregresse, rapporti su impieghi pregressi e sull’entità dei carichi applicati in tali casi, etc.) ed effettuare rilievi geometrico-strutturali, verificando la corrispondenza alla realtà di quanto riportato nella documentazione di riferimento. Le informazioni già disponibili sui materiali e sullo stato di conservazione dell’opera devono poi essere integrate con opportune indagini sperimentali, finalizzate ad appurare la corrispondenza delle caratteristiche resistenti dei materiali ai requisiti di prodotto e a valutare l’effettiva consistenza della eventuale situazione di degrado riscontrata, definendone tipologia, localizzazione, estensione e intensità. A tal fine può risultare utile anche la documentazione tecnica relativa ai manufatti di analoga tipologia ed età.

A tal proposito, nelle LLGG ponti è introdotta la possibilità di operare con livelli progressivi di approfondimento di conoscenza, indagine e verifica: *“Le informazioni sui dettagli costruttivi e sulle proprietà dei materiali si possono ricavare dall’esecuzione di campagne conoscitive successive, di volta in volta caratterizzate da maggior dettaglio, pianificate sulla base delle indicazioni ricavate da una valutazione preliminare di sicurezza che permette l’individuazione delle criticità e la messa a punto dei diversi piani di indagine”*.

Le stesse LLGG ponti, al § 6.2.2, chiariscono che *“Le tabelle presenti in Circolare non sono evidentemente applicabili ai ponti esistenti. Il numero complessivo e la localizzazione delle indagini sugli elementi sono quindi calibrati dal tecnico incaricato in relazione alle informazioni reperite sul manufatto ed ai risultati ottenuti dalle eventuali valutazioni preliminari della sicurezza. Essi possono pertanto essere modulati in virtù del livello di conoscenza che si vuole raggiungere e di quanto già si conosce”*.

In sintesi, la conoscenza si può acquisire mediante le seguenti attività:

- a) l’analisi storico-critica;
- b) l’analisi della documentazione originaria disponibile;

c) il rilievo (geometrico-strutturale, dei componenti e i relativi dettagli costruttivi, i difetti che li caratterizzano sia geometrici che di conservazione);

e) le indagini finalizzate alla caratterizzazione dei materiali e del loro eventuale degrado, nonché dei possibili difetti.

La scelta del tipo di indagine dovrà essere condotta coerentemente a quanto previsto dal quadro normativo, prediligendo le indagini che consentano di acquisire i migliori risultati in termini di costi-benefici.

Per l'ottimizzazione dei tempi e della numerosità delle indagini è consigliabile tener conto degli esiti di eventuali campagne di indagine già condotte su prodotti affini dello stesso fabbricante, aventi stesso periodo di produzione.

11.3 PROGETTO DELLA CONOSCENZA

Il progetto della conoscenza deve concentrarsi prioritariamente sui parametri chiave della valutazione di sicurezza. Risulta, pertanto, necessario rilevare (o controllare a campione), oltre alla geometria complessiva dell'opera, gli spessori di lamiere e membrature, la geometria dei cordoni di saldatura, nonché numero, disposizione e diametri dei mezzi d'unione, quali bulloni o perni. È, altresì, importante la stima delle caratteristiche meccaniche degli acciai impiegati. Tale stima può basarsi su informazioni ottenute dalla documentazione che accompagna la struttura ed essere integrata da prove, come meglio dettagliato nel seguito.

Occorre, pertanto, definire un adeguato piano di indagini che pervenga alla determinazione dei parametri che ne descrivono le incertezze, tra cui: le caratteristiche meccaniche dei materiali, le caratteristiche geometriche e meccaniche di singoli componenti o dettagli costruttivi.

Il piano deve tener conto, inoltre, dello stato di conservazione, dell'impatto sui componenti da caratterizzare, della semplicità esecutiva della campagna di indagine.

L'attenzione deve essere concentrata sugli elementi primari che costituiranno l'organismo strutturale in riferimento alla identicità dei medesimi in termini di geometria, ruolo nello schema strutturale e omogeneità di materiale. Le condizioni di ripetitività e di omogeneità devono essere considerate al fine di limitare la quantità di indagini e prove. Inoltre, occorre considerare gli elementi su cui sono stati eseguiti interventi di ripristino e/o rinforzo. Per tali elementi, è necessario indagare sia il materiale originale sia l'eventuale materiale integrativo, comprese le modalità di integrazione tra i due materiali. Particolare attenzione deve essere posta sugli elementi che possono esibire, secondo la loro specifica posizione e modalità di montaggio, meccanismi di collasso di tipo fragile.

Dai registri dell'opera, eventualmente disponibili, può essere desunto lo stato di conservazione dell'opera medesima, analizzando poi in dettaglio tutti i difetti presenti che hanno rilevanza strutturale, identificando le cause che li hanno provocati e la loro evoluzione nel tempo, distinguendo tra quelli originati dalle azioni esterne, indicatori di un potenziale *deficit* strutturale, e quelli originati da fattori esterni, come ad esempio la non corretta conservazione o montaggio.

Gli elementi che mostrano un potenziale *deficit* strutturale devono essere adeguatamente indagati per consentirne la modellazione, l'analisi e la verifica, ed eventualmente scartati e dismessi. Si deve porre attenzione alla eventuale presenza di difetti manifesti e/o difetti spia.

Le indicazioni di cui sopra costituiscono l'esito dell'analisi storico-critica, dell'analisi del progetto originario, dell'esame sullo stato di funzionamento e di conservazione dell'opera risultante dall'ispezione visiva.

Il § C8.5.4.2 della Circolare recita *“il piano delle indagini deve essere opportunamente calibrato in funzione dell’analisi preliminare (v. § C8.5.2.2 e C8.5.3.2) e quindi, in relazione al livello di conoscenza da raggiungere, orientato agli approfondimenti necessari nelle zone della costruzione ove risulti opportuno, sia in relazione all’impegno statico delle diverse membrature e al loro ruolo riguardo alla sicurezza della struttura, sia in relazione al grado di omogeneità dei risultati delle prove preliminari e al loro accordo con quanto previsto dai documenti originari.”*

Le LL GG ponti, al § 6.2, prevedono che *“le indagini finalizzate alla caratterizzazione dei dettagli costruttivi e dei materiali si pianificano ed eseguono sulla base dei risultati ottenuti dalle precedenti attività di analisi storico-critica e di rilievo, (...). La caratterizzazione meccanica dei materiali è volta ad individuare i parametri di resistenza e deformabilità dei materiali costituenti il ponte da impiegare in sede di modellazione, analisi e valutazione di sicurezza. In entrambi i casi è opportuno procedere per livelli successivi di approfondimento su elementi opportunamente selezionati, in maniera da ottenere una migliore conoscenza in corrispondenza delle zone caratterizzate da maggiore criticità e maggiore incertezza, limitando al minimo l’impatto delle indagini (...).”*

Sono definiti tre livelli di approfondimento per le indagini e le prove: limitato, esteso ed esaustivo.

Per il raggiungimento del livello di approfondimento richiesto (limitato, esteso, esaustivo) possono essere utilizzati i risultati di indagini e/o prove da campagne di indagini già eseguite.

Per la definizione del numero di elementi da indagare sul totale di quelli che costituiscono l’opera, è importante tener conto della ripetitività e omogeneità degli elementi strutturali che compongono il Kit del ponte smontabile.

I ponti smontabili possiedono una marcata ripetitività, sia per geometria che per ruolo nello schema strutturale, degli elementi strutturali che li compongono. Questi, a seconda del ruolo, hanno caratteristiche geometriche e meccaniche identiche.

Gli impalcati sono costituiti da elementi prodotti in stabilimento. L’insieme di tali circostanze fa sì che, generalmente, se provenienti dalla stessa opera, tali elementi sono costituiti da materiali aventi caratteristiche presumibilmente omogenee.

Il numero di elementi indagati ai fini del rilievo e della definizione dei dettagli costruttivi deve tener conto quindi delle eventuali situazioni ripetitive, che consentano di estendere ad una più ampia percentuale i controlli effettuati su alcuni elementi strutturali facenti parte di una serie con evidenti caratteristiche di ripetibilità, per geometria e ruolo uguali nello schema strutturale. Inoltre, le prove sugli acciai sono finalizzate all’identificazione della classe dell’acciaio utilizzata con riferimento alla normativa vigente all’epoca di costruzione. Ai fini del raggiungimento del numero di prove sull’acciaio necessario per acquisire il livello di conoscenza desiderato, è opportuno tener conto dei profili di più diffuso impiego negli elementi principali. Ai fini delle prove sui materiali, è consentito sostituire alcune prove distruttive, non più del 50%, con almeno il triplo di prove non distruttive, singole o combinate, tarate su quelle distruttive. Il numero di saggi può essere deciso in relazione alle caratteristiche di omogeneità del materiale. Infatti, può essere considerata l’opportunità di prevedere l’effettuazione di una seconda campagna di prove integrative, nel caso in cui i risultati della prima risultino disomogenei.

Traducendo in pratica i concetti sopraintesi, per la redazione del Piano delle Indagini occorre identificare gli elementi che, per caratteristiche di ripetitività e di omogeneità, possono essere ritenuti simili, definire le indagini da svolgere (tipologia, numerosità ed ubicazione) per ciascun gruppo di elementi simili. A tal fine, gli elementi strutturali possono essere considerati simili se hanno geometria e dettagli costruttivi sostanzialmente equivalenti, i materiali che li costituiscono hanno caratteristiche meccaniche omogenee, il

ruolo strutturale svolto nello schema statico dell'opera è il medesimo e presentano stesse modalità costruttive.

La numerosità delle indagini e delle prove da condurre su ciascun gruppo di elementi simili aumenta progressivamente con il livello di approfondimento, da limitato, ad esteso e quindi esaustivo, come previsto dalla vigente normativa.

Per la determinazione della resistenza dei materiali, si possono omettere prove solo nel caso in cui si disponga dei certificati di prova originali, in numero adeguato; in caso contrario, occorre eseguire nuove prove integrative al fine di raggiungere la numerosità necessaria a giustificare il livello di conoscenza da conseguire. Si suggerisce di prevedere prove di resistenza di tipo non distruttivo (ND), ricorrendo a prelievi di acciaio, nell'eventualità in cui le prove ND forniscano valori di resistenza difformi dalle specifiche di progetto o disuniformi tra loro.

Deve essere tenuto debitamente conto delle informazioni risultanti da indagini e/o prove svolte nell'ambito di indagini già effettuate in passato.

Al fine di minimizzare l'impatto strutturale sugli elementi da indagare, le indagini già a disposizione possono essere considerate idonee al raggiungimento del livello di conoscenza prefissato se si ritengono positive la verifica delle tecniche di prova e l'elaborazione dei risultati.

11.4 VULNERABILITÀ SPECIFICHE DEI PONTI SMONTABILI

Le vulnerabilità specifiche dei ponti smontabili metallici sono spesso determinate dalle difettosità.

Le esfoliazioni della vernice vanno censite, in quanto potenziali sedi di attacco corrosivo. Come è noto, la corrosione infragilisce il materiale e riduce la sezione resistente di lamiere, membrature e mezzi di unione. Gli elementi che presentano una significativa riduzione di sezione per corrosione, sia a livello di collegamenti e giunzioni, sia a livello di profilo, dovranno essere scartati o adeguatamente reintegrati per un loro eventuale riutilizzo.

Nel caso l'attacco della corrosione sia generalizzato e investa elementi strutturali compressi con una certa estensione, oltre a ridurre la resistenza, comporta anche riduzione di rigidezza che, nei casi più gravi, può determinare fenomeni di instabilità.

Occorre prestare particolare attenzione ai seguenti aspetti, che possono essere la causa di criticità strutturali gravi:

- danni conseguenti alle operazioni di montaggio, smontaggio, usura e trasporto;
- imperfezioni geometriche che possono innescare effetti del secondo ordine;
- danni riconducibili a sollecitazioni a fatica.

Il primo e il secondo aspetto hanno ricadute sulle verifiche di profili e collegamenti e possono determinare un incremento degli effetti del secondo ordine. Questi, a loro volta, vanno identificati e valutati con attenzione, in quanto possibili cause di collassi per instabilità dell'equilibrio localizzati o, nel caso peggiore, di tipo globale.

Il terzo aspetto risulta particolarmente rilevante per gli elementi strutturali e i dettagli costruttivi soggetti a cicli tensionali con valori medi relativamente elevati, nei quali la fatica può produrre la formazione di fessurazioni e fratture.

11.5 RILIEVI E INDAGINI Sperimentali

Occorre effettuare un accurato rilievo geometrico sugli elementi a disposizione, il cui numero dovrà tener conto della disponibilità o meno di schemi e/o elaborati progettuali:

- a campione e limitato agli elementi principali, in presenza di elaborati progettuali;
- accurato ed esteso a tutti gli elementi con funzioni strutturali, in assenza di elaborati progettuali.

I rilievi devono essere eseguiti con idonea strumentazione.

In particolare, occorre rilevare la lunghezza dei moduli, la distanza fra montanti, ecc. Importante è anche la misura degli spessori (lamiere di giunti, piattabande e pannelli d'anima dei profili, nervature di irrigidimento, ecc.), finalizzata ad integrare informazioni mancanti sulla geometria della struttura o a controllare a campione le informazioni disponibili. Su lamiere degradate la misura può consentire una valutazione di eventuali riduzioni di spessore causate dalla corrosione.

Si richiama l'importanza della mappatura dei collegamenti corredata da report fotografico e individuazione delle tipologie di giunzione. Nel caso di unioni saldate a cordoni d'angolo, la misura dello spessore dei cordoni di saldatura è necessaria all'identificazione dell'altezza della sezione di gola. L'informazione, unita alla misura della lunghezza del cordone, consente di effettuare la verifica di sicurezza della saldatura.

Nel caso di collegamenti bullonati, occorre eseguire la misura del diametro della filettatura e/o misura della dimensione della testa del bullone o del dado (chiave). Occorre eseguire, altresì, un rilievo accurato dei perni e del loro eventuale stato di degrado e difettosità.

In generale, le indagini sperimentali possono prevedere:

- Prove Non Distruttive (PND) (intese come prove che riescono ad acquisire informazioni attraverso la misurazione di parametri, che tramite correlazioni o abachi forniscono la misura della grandezza che si vuole indagare);
- Prove Distruttive (PD) (prove condotte da laboratorio autorizzato ai sensi dell'art.59 del DPR 380/2001 su saggi o campioni).

11.5.1 Prove non distruttive (ND)

Riguardo al controllo difettologico superficiale delle saldature, l'indagine è inizialmente di tipo visivo (VT) ai sensi della norma EN ISO 17637, e fa riferimento ai livelli di qualità richiamati nella EN ISO 5817. Il controllo visivo assume una notevole rilevanza nel processo. La sua funzione è determinante per rilevare tutte le anomalie che si manifestano in superficie e sono visibili all'esame diretto. L'esame visivo (VT) di una saldatura permette di rilevare diversi difetti quali: cricche, corrosioni, alterazioni di colore dovuti a surriscaldamenti, erosioni, deformazioni, irregolarità della finitura superficiale, errori di montaggio di sistemi meccanici, variazioni dimensionali. Tale tipologia di esame è di fondamentale importanza per indirizzare correttamente i successivi esami non distruttivi, spesso condotti a campione, selezionando ed individuando le aree più opportune, in funzione dell'impegno strutturale delle membrature e delle criticità emerse proprio a fronte dell'esame visivo.

L'esame con liquidi penetranti consente di rilevare difettosità superficiali non individuabili con l'esame visivo. Tale ispezione è adatta per evidenziare e localizzare sul materiale esaminato eventuali discontinuità affioranti in superficie. Il metodo è ampiamente utilizzato per la ricerca di difetti nelle saldature, quali cricche e porosità.

Il controllo magnetoscopico (MT) si effettua ai sensi della norma EN ISO 17638 ed è basato sui livelli di accettabilità di cui alla EN ISO 23278. Tale esame unisce una buona versatilità di impiego con una notevole rapidità di utilizzo. Consente di rilevare rapidamente difettosità anche sub-superficiali, oltre a quelle aperte

in superficie. Il controllo difettologico volumetrico delle saldature deve essere effettuato, di regola, sulle saldature a completa penetrazione per le quali le indagini VT abbiano fornito livello di qualità medio (C) o inferiore secondo la EN ISO 5817, eventualmente confermato dagli esiti delle indagini MT. Il controllo sarà svolto mediante dispositivo a ultrasuoni (UT) e seguirà le indicazioni della norma EN ISO 17640 con riferimento ai livelli di accettabilità della EN ISO 11666. La verifica dei collegamenti bullonati è effettuata sulle bullonature. Occorre controllare visivamente le bullonature a disposizione e scartare i bulloni dove sono state riscontrate, mediante esame visivo, tracce di corrosione.

Le prove di durezza sui profili metallici sono volte alla stima, per via indiretta, della resistenza a trazione del materiale costituente i profili. Sono effettuate mediante microdurometro portatile Vickers. Le procedure di prova sono indicate nella norma DIN 50157, mentre per la conversione delle misure di durezza (HV) nei corrispondenti valori di resistenza (f_t) si può fare riferimento alla norma EN ISO 18265.

La "taratura" delle prove ND deve essere effettuata mediante un numero aggiuntivo di prove ND effettuate in parte sugli elementi oggetto di prove distruttive; il Tecnico esplicita, nella sua relazione, le modalità di taratura e gli eventuali riferimenti di letteratura.

11.5.2 Prove distruttive

Tra le prove distruttive si possono indicare le prove di trazione a rottura su bulloni, che consentono la valutazione della tensione di snervamento e della tensione di rottura dei mezzi di unione, e le prove di trazione su campioni prelevati dagli elementi, che consentono la valutazione della tensione di snervamento e della tensione di rottura del materiale che li costituiscono.

La scelta dei bulloni su cui effettuare le prove di trazione è effettuata dando priorità a quelli che manifestino segni di corrosione o usura. Il bullone prelevato è sostituito con un bullone nuovo di analoga geometria e idonee prestazioni.

La prova di trazione sui bulloni è eseguita ai sensi della norma EN ISO 898-1.

I saggi degli elementi, a meno che l'elemento successivamente venga scartato, non devono essere eseguiti in zone dove possono arrecare danni permanenti e di difficile ripristino. L'intaglio praticato nel profilo non deve interessare collegamenti e zone di giunzione. Il profilo deve essere ripristinato mediante saldatura di piatto di geometria adeguata e idonee caratteristiche meccaniche. Sul saggio prelevato si effettuano misure di durezza Vickers. In tal modo sarà possibile ottenere una calibrazione diretta delle misure di durezza, riferendole agli esiti delle prove di trazione.

La prova di trazione su campioni prelevati dagli elementi metallici costituenti il ponte deve consentire di misurare la resistenza a snervamento, la resistenza a rottura e l'allungamento totale.

In aggiunta alle prove indicate, potrebbe essere richiesta anche una prova di resilienza e/o analisi chimica con spettrometro ad emissione ottica: in ogni caso, tali prove devono essere valutate attentamente, dal momento che richiederebbero ulteriori campioni o campioni di dimensioni maggiori.

11.5.3 Prove ND in vera grandezza

Ai fini della conoscenza, considerate le caratteristiche delle strutture di cui trattasi, strutture che possono essere montate e smontate a fini sperimentali, possono risultare utili anche le seguenti prove in vera grandezza.

Tra queste si possono richiamare le prove di identificazione dinamica, che hanno l'obiettivo della valutazione sperimentale di frequenze, rapporti di smorzamento e corrispondenti forme modali della struttura in fase elastica. Possono essere effettuate utilizzando come forzante il rumore ambientale (Operational Modal Analysis – OMA) o, in alternativa, il passaggio di veicoli di peso noto a velocità prestabilita. Tali indagini

consentono una calibrazione a posteriori dei modelli numerici adottati per le verifiche di sicurezza. In particolare, dal confronto fra le frequenze sperimentali e quelle numeriche sarà possibile ottenere una taratura delle rigidezze di collegamenti e vincoli.

Prove di carico statiche, che consentono la valutazione sperimentale di spostamenti e deformazioni conseguenti all'applicazione di carichi generalmente corrispondenti a combinazioni rare (carichi al valore caratteristico) o inferiori, a cui tali strutture potranno essere sottoposte una volta installate nel sito di destinazione.

11.6 DOCUMENTI

Il progetto della conoscenza ha come primaria finalità quella di fornire ai laboratori incaricati dell'esecuzione del Piano tutte le necessarie informazioni per eseguire le indagini come previste dal soggetto Verificatore estensore del Piano stesso, in termini di tipologia, ubicazione e quantità.

Il progetto della conoscenza deve contenere le seguenti informazioni:

- specifica tecnica;
- grafici illustrativi dell'ubicazione e delle tipologie di prova.

Per quanto riguarda la specifica tecnica, questa deve riportare brevemente la tipologia e le caratteristiche delle indagini da eseguire, compresi i riferimenti normativi e le procedure, nonché la numerosità e la localizzazione delle indagini. La specifica deve anche contenere le motivazioni alla base del progetto, compresi gli obiettivi che si vogliono ottenere.

Nella specifica occorre riportare l'elenco della documentazione disponibile cui si è fatto riferimento.

Al fine di dare evidenza dell'ottimale pianificazione delle indagini in termini di costi-benefici, si deve chiaramente giustificare la scelta del livello di approfondimento delle indagini per raggiungere il prefissato Livello di Conoscenza, relazionandola alla documentazione progettuale disponibile.

Tra gli elementi da considerare per la pianificazione delle indagini, si possono annoverare:

- a. il modello di calcolo che si intende sviluppare per determinare la risposta dell'opera;
- b. le azioni che si intende applicare tra quelle previste dalla vigente normativa;
- c. l'identificazione degli elementi affini da cui è costituita l'opera;
- d. le verifiche che si prevede di eseguire, in termini di elementi, sezioni di verifica e tipo di verifica (trazione, compressione, flessione, taglio, etc.);
- e. gli elementi con difetti strutturali per cui devono essere effettuate indagini specifiche finalizzate alla corretta quantificazione del difetto ai fini della modellazione e della verifica dell'opera, qualora tali informazioni non siano già disponibili dalle schede di ispezione annuale e/o da approfondimenti d'ispezione già condotti nell'ambito delle attività di sorveglianza e/o di controlli effettuati *ad-hoc*;
- f. l'analisi di eventuali campagne di indagine già svolte sull'opera.

Occorre elencare le indagini strutturali ed i rilievi richiesti, suddivisi in:

- rilievo per la definizione geometrica dell'opera;
- indagini finalizzate alla conoscenza dei dettagli costruttivi;
- indagini, distruttive e non distruttive, finalizzate alla caratterizzazione meccanica dei materiali;
- indagini in vera grandezza.

In riferimento alle indagini per la definizione dei dettagli costruttivi e per la caratterizzazione meccanica dei materiali, per ogni parte d'opera interessata dalle stesse, occorre riportare:

- tipologia di indagine;
- numerosità;
- localizzazione.

Occorre anche prevedere le specifiche dei ripristini, dettagliandone le modalità conseguenti all'esecuzione delle varie tipologie di prove previste dal piano indagini. Dovranno essere riportati i materiali tipo da utilizzare, le modalità esecutive ed i criteri di accettazione della riparazione.

11.7 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI CARATTERISTICI DEI MATERIALI

Con riferimento alle verifiche per carichi gravitazionali, si ritengono utili le prescrizioni contenute all'interno delle LL GG PONTI, §6.3.4, dove viene definita la determinazione dei valori delle caratteristiche dei materiali da utilizzare nelle verifiche. In particolare, considerando che tali tipi di opere sono strutture isostatiche, le LL GG in parola prevedono di far riferimento al valore medio diviso per il fattore di confidenza e il fattore parziale, purchè questo non superi il valore caratteristico diviso il fattore di confidenza.

Pertanto, il valore di progetto della resistenza dei materiali f_d da utilizzare nelle verifiche per carichi gravitazionale è ottenuto mediante la seguente espressione:

$$f_d = \min \left(\frac{f_m}{FC \cdot \gamma_M} ; \frac{f_k}{FC} \right)$$

dove:

f_m è il valore medio della resistenza valutato dai risultati delle prove effettuate sugli n campioni prelevati *in situ*;

FC è il fattore di confidenza funzione del livello di approfondimento delle indagini condotte;

γ_M è il fattore parziale di sicurezza del materiale;

f_k è la resistenza caratteristica calcolata sulla base dei risultati delle prove effettuate sugli n campioni prelevati *in situ* con il metodo statistico di cui alle LL GG PONTI.

Per quanto concerne la stima del valore f_k , un'adeguata valutazione conservativa della resistenza caratteristica basata su un numero limitato di campioni n si effettua con la modalità di seguito descritta. Nell'ipotesi di distribuzione log-normale e tenendo conto dell'incertezza associata alla stima della media campionaria, dato il campione casuale $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ della grandezza di interesse (resistenza a compressione del calcestruzzo, tensione di snervamento e di rottura dell'acciaio dolce e dell'acciaio armonico), ne sono calcolate media e deviazione standard campionarie dei logaritmi:

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{\mu} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln (x_i) \\ \bar{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [\ln (x_i) - \bar{\mu}]^2} \end{array} \right.$$

Avendo sottratto alla media stimata l'errore standard dello stimatore, si ottiene una stima del sedicesimo percentile della distribuzione media campionaria:

$$\bar{\mu}_{0.16} = \bar{\mu} - \frac{\bar{\sigma}}{\sqrt{n}}$$

da cui calcolare il valore caratteristico, assumendo una distribuzione log-normale, come segue:

$$\hat{x}_{0.05} = e^{\bar{\mu}_{0.16} - 1.64\bar{\sigma}}$$

Per la valutazione completa delle resistenze di calcolo, i valori dei Fattori di Confidenza FC sono analizzati nel §6.2, mentre i valori dei fattori parziali di sicurezza γ_M sono forniti nel §6.3 delle LL GG PONTI.

12 COMPONENTI METALLICI DI RECENTE FABBRICAZIONE PER PONTI SMONTABILI

Si intendono per componenti metallici di recente fabbricazione tutti i componenti metallici prodotti successivamente all'entrata in vigore delle norme europee armonizzate di prodotto. La data di produzione deve essere comprovata da idonea documentazione, come previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni vigenti. In tal caso, ferma restando l'obbligatorietà della redazione da parte del Fabbricante del fascicolo dell'impalcato e del suo successivo aggiornamento costante a cura del Proprietario, che può coincidere con il Gestore stradale, valgono, oltre ai dettami, previsti dalle NTC vigenti, per la qualificazione, progettazione, realizzazione e collaudo, gli stessi principi e metodi di cui al § 11 delle presenti Linee Guida per quanto riguarda i controlli successivi alla prima applicazione e periodo di esercizio.

13 PROCEDURA DI REALIZZAZIONE DELL'“INTERVENTO”

Fermo restando ogni adempimento, ai sensi delle norme vigenti, delle figure coinvolte nelle fasi di realizzazione dell'“intervento”, così come definito al §3, tali fasi sono tipicamente così semplificabili:

- Il Gestore Stradale definisce il quadro esigenziale;
- Il Gestore Stradale individua un Proprietario che possiede l'impalcato e che lo rende disponibile al Gestore stradale, previa stipula di convenzione/contratto;
- Il Gestore Stradale ed il Proprietario stipulano apposita Convenzione/contratto;
- Il Gestore Stradale individua il progettista dell'intervento;
- Il Proprietario consegna il Fascicolo dell'impalcato al progettista;
- Il progettista, oltre a progettare o verificare le sottostrutture, definisce la configurazione di progetto dell'impalcato, anche sulla base delle configurazioni tabellari e degli schemi di carico tipologici presenti nel Fascicolo ed eventualmente avvalendosi della consulenza dell'Ente proprietario, e ne verifica la rispondenza strutturale alle esigenze del Gestore stradale;

- Il Gestore Stradale individua il Direttore dei lavori per l'esecuzione dell'intervento di cui al §3, e dà inizio ai lavori;
- Il Gestore Stradale individua il collaudatore dell'intervento, che effettua il collaudo, secondo quanto previsto al §7.
- L'Installatore, individuato secondo quanto convenuto nella Convenzione/contratto ed eventualmente coincidente con il Proprietario, provvederà al montaggio dell'impalcato, redigendo, al termine delle attività, un certificato di corretto montaggio;
- Al termine del montaggio dell'impalcato, il Direttore dei lavori, acquisito il certificato di corretto montaggio da parte dell'Installatore, redige il verbale di regolare installazione dello stesso;
- Il Direttore dei lavori dà quindi seguito ad ogni altro successivo adempimento previsto dalle norme vigenti (es: relazione a strutture ultimate, ecc.)

Concluse positivamente le operazioni di collaudo, il Gestore stradale diventa l'unico soggetto responsabile del ponte, compresa la struttura metallica, nell'intero periodo di esercizio, con particolare riferimento agli obblighi di cui al §8.

Diagramma di flusso interfunzionale

(tutte le azioni nella stessa colonna sono in capo al soggetto che si trova in testa alla stessa)

