

**CONCORSO A PROCEDURA APERTA A DUE GRADI,
PER LA PROGETTAZIONE DEL PONTE DEFINITIVO
E VIABILITÀ ALTERNATIVA IN SOSTITUZIONE DEL PONTE STORICO
BURIANO.**



1 Descrizione della soluzione proposta, dell'approccio metodologico e delle motivazioni che hanno determinato le scelte progettuali

La definizione della soluzione progettuale proposta nasce da un approccio metodologico multidisciplinare ed integrato, attraverso il quale, preso atto delle esigenze della Stazione Appaltante (di seguito SA), ben evidenziate nel “Documento di Indirizzo alla Progettazione – Quadro Esigenziale”, è stato sviluppato un processo iterativo per definire la localizzazione dell’opera, la sua caratterizzazione architettonica e strutturale ed il suo inserimento nel contesto ambientale, al fine di pervenire ad una soluzione che fosse al contempo Iconica, Efficace e Sostenibile.

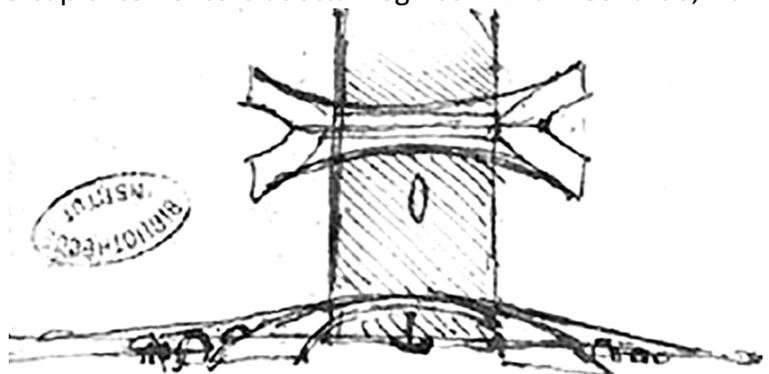


L’approccio metodologico di progettazione si fonda su un’attenta **analisi del luogo e della sua storia**, peculiare e sicuramente non trascurabile è la ricerca continua e la riproduzione delle caratteristiche di questo luogo nelle opere di **Leonardo da Vinci**, oltremodo noto per l’estro e la progettazione di svariati tipi di strutture, tra cui numerosi ponti.

Il paesaggio, in primo luogo, è fonte autentica d’ispirazione per Leonardo: le **Balze del Valdarno**, infatti, vengono raffigurate anche nella Gioconda in cui pare venga dipinto anche il Ponte Buriano.

In risposta alla rappresentatività e all’importanza storica del ponte Buriano e all’obiettivo di preservarne la bellezza nel tempo, quindi, si è reso necessario ideare un collegamento tra Arezzo ed il territorio del valdano superiore, identificando una via che, non offuscandone l’importanza e creando **sinergia e scorci visuali**, permettesse di scaricare il ponte storico esistente dal traffico veicolare e, a seguito di un adeguato intervento conservativo, renderlo pedonale.

La necessità di introdurre una nuova infrastruttura in questo ambito, fortemente caratterizzato dalla sinergia tra arte e tecnica ispirata dal luogo e sapientemente tradotta negli schizzi di Leonardo, ha orientato le ricerche sul concept di progetto e ha permesso di formulare una soluzione che si ispirasse ai suoi schizzi ideativi: di particolare interesse è la soluzione proposta per il **ponte Golden Horn**, redatto al suo rientro a Firenze dopo il periodo Milanese e qualche anno trascorso a Mantova e Venezia,



forte delle esperienze e degli studi condotti durante la sua permanenza alla corte di Ludovico il Moro.

Tali schizzi sono di grande ispirazione soprattutto per lo studio della **progressione di sette archi** e la curva ribassata che ne definisce la sagoma il progetto. Altra peculiarità del luogo è il ricorrere del **numero sette** che è stato, pertanto, uno dei primi elementi che hanno guidato la definizione della soluzione architettonica e strutturale per la scelta del nuovo ponte. Il concept di design fa propria la numerologia ricorrente del numero 7 tra gli elementi del territorio come, ad esempio i *sette* ponti oppure i *sette* archi su cui poggia anche lo stesso ponte Buriano e, soprattutto, proietta il ritmo dei sette elementi su un tracciato ampio, amplificando in un gesto architettonico sottile e ritmico l'alternanza degli elementi.

Ulteriore conferma del forte carattere di pregio dell'area in esame è la storia della Strada Provinciale "dei Setteponti" o, più comunemente, **Via dei Setteponti**: tracciata in epoca etrusca per garantire il collegamento fra Fiesole ed Arezzo, costituisce una delle **strade più antiche della Toscana**. Più tardi, i romani collocarono qui la Cassia Vetus, percorsa da pellegrini e mercanti per raggiungere Roma. Il nome deriva, probabilmente, dai numerosi passaggi sopra i torrenti che scendevano dal Pratomagno nel Valdarno, seppur il numero di ponti che si potevano incontrare lungo il percorso fosse in origine maggiore.

Come precedentemente anticipato non è certamente casuale la traccia simbolica legata alla numerologia fortemente presente in epoca Medioevale. Al numero sette veniva attribuito un forte contenuto di origine sia religiosa che filosofica: esso rappresentava il numero della perfezione umana, come anche i sacramenti ed i vizi capitali. Tra i ponti presenti lungo la Via dei Setteponti, in prevalenza costruiti in pietra, a schiena d'asino e con una sola arcata, spiccava la struttura a sette arcate del Ponte a Buriano. Attraversato anche da Leonardo da Vinci nei suoi viaggi da Firenze in Val di Chiana, esso conserva ancora oggi inalterata la sua bellezza, spingendo molti a sostenere che il nome "Setteponti" derivi proprio dalle **sette arcate** di questo ponte.



Un altro fattore che si è ritenuto caratterizzate del contesto in cui la nuova opera si andrà ad inserire è stata la tipologia strutturale predominante per le opere della strada provinciale, caratterizzati come accennato in precedenza da strutture in muratura, in cui l'impalcato è superiore e viene sostenuto da arcate.

Il risultato dell'**inserimento architettonico nel contesto** della nuova struttura è pertanto leggero e puntuale, l'opera poggia sul suolo in corrispondenza delle pile secondo un tracciato studiato per rispettare i limiti di esondazione dell'area. Il posizionamento rialzato della strada permette inoltre l'utilizzo del terreno sottostante che rimarrebbe **fruibile e continuo**. Dalle pile si staccano sette coppie di archi in Acciaio Corten che caratterizzano l'opera e scandiscono il percorso per gli utenti della strada.



Per quanto attiene ai principi architettonico-strutturali, il primo aspetto che si è tenuto in conto per la scelta della migliore soluzione ha riguardato il **“dialogo” tra il nuovo ponte e quello storico** che, come evidenzia la planimetria, sono tra loro distanziati da poche centinaia di metri. Il ponte storico di Buriano rappresenta, infatti, una struttura di pregio strutturale ed artistico: la scrivente RTP ritiene pertanto che il nuovo ponte, per inserirsi correttamente nel contesto paesaggistico ed architettonico, debba essere un **testimone contemporaneo** delle conoscenze e delle tecnologie del XXI secolo.

In particolare, si ritiene che per instaurare il giusto dialogo tra le due opere, siano fondamentali i seguenti aspetti posti in evidenza dal “Documento di indirizzo della Progettazione”:

- la nuova opera dovrà essere dotata di un intrinseco **pregio architettonico**, tale da valorizzare l'area dell'intervento e poter divenire una nuova immagine simbolica della Provincia di Arezzo;
- garantisca per forma, materiali e tecnologie il **rispetto delle qualità ambientali e paesaggistiche** dell'area;
- possa dialogare, instaurando un rapporto visuale armonioso, con gli altri elementi già presenti nel sito, in particolar modo con quelli di rilevanza storica, simbolica e urbanistica/architettonica quali ad esempio il Ponte Buriano.

Al contempo, la soluzione qui proposta è stata concepita con lo scopo, tra gli altri, di **minimizzare l'impatto sull'ambiente**, sia per quanto riguarda le lavorazioni, sia per la tipologia strutturale e sia, infine, per la scelta dei materiali strutturali previsti.

La soluzione proposta per la realizzazione del nuovo ponte sull'Arno è pertanto una struttura costituita da una **sequenza di sette impalcati ad arco** a via inferiore, di luce variabile da un minimo di 45 ad un massimo di 110 metri ed altezze in chiave variabili in funzione delle luci.

La lunghezza complessiva è pari a circa 480m. In particolare, gli archi, una coppia per ciascuna campata, sono inclinati rispetto alla verticale con un angolo di 10° per garantire un maggior pregio estetico ed un messaggio di “apertura”, invitando l'utenza della viabilità alternativa al passaggio sulla nuova opera d'arte.

Le sette coppie di archi presenteranno **sezioni scatolari variabili nello spazio** ed avranno, per ciascuna fiancata, la medesima inclinazione, come nelle immagini di riferimento proposte a lato. Le coppie di catene, che garantiscono **l'eliminazione della spinta** indotta dalla parte superiore dell'arco, avranno anch'esse sezioni scatolari e saranno posizionate dove la traccia dell'impalcato incontra quelle degli archi. Anche le catene saranno inclinate secondo l'andamento degli archi principali. Tra di esse, l'impalcato verrà sostenuto da una serie di traversi metallici e soletta in calcestruzzo, realizzando un **impalcato di spessore contenuto** pari a circa 1.6m, ideale per **ottimizzare i franchi idraulici** in corrispondenza dell'alveo dell'Arno e delle aree adiacenti di laminazione. Il collegamento tra archi ed impalcato verrà realizzato mediante **pendinature**, che garantiranno sostegni intermedi per gli archi di luce maggiore. Anche le pile, in calcestruzzo armato, contribuiranno alla resa estetica dell'opera con una caratteristica **forma "a calice"**.



In particolare, per quanto riguarda le pile dell'arco di scavalco del fiume Arno, queste risulteranno posizionate al di fuori dell'alveo attivo del fiume, il cui **regime idraulico pertanto non verrà alterato dalla realizzazione del nuovo ponte**.

In sponda destra e sinistra sono previste, infine, due rampe di accesso costituite da impalcati a via inferiore con luci tipiche di circa 45m, al fine di garantire la compatibilità idraulica di norma dell'opera anche nelle campate di accesso di lunghezza minore.

In merito al materiale da costruzione scelto per l'impalcato e gli archi, si ritiene che la migliore soluzione sia quella dell'**acciaio da carpenteria, un materiale moderno** che ha una lunga serie di pregi:

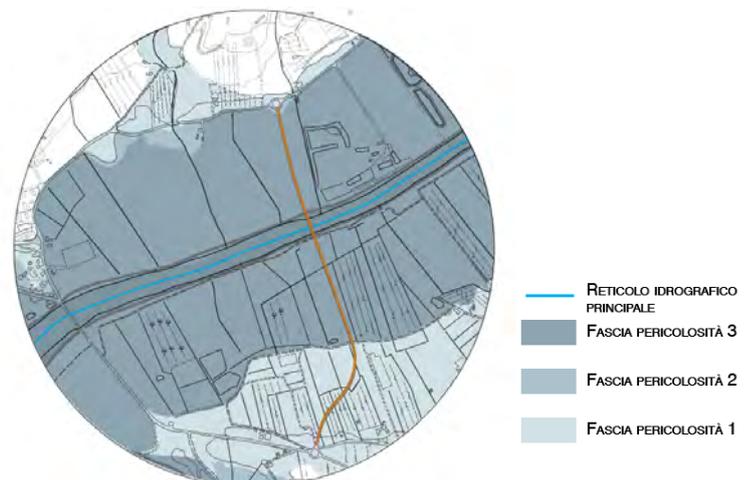
- mantiene le sue caratteristiche nel tempo, contribuendo ad allungare la vita della costruzione e per alcune tipologie di acciaio non è nemmeno necessario alcun trattamento protettivo. La tracciabilità del materiale è garantita dalle normative su tutta la filiera, dalla produzione in acciaieria alla messa in opera. I prodotti realizzati sono obbligatoriamente marcati CE;
- consente di **incrementare le luci** delle campate rispetto alle soluzioni in c.a.p., mantenendo leggerezza ed ingombri ridotti. La leggerezza della struttura in carpenteria metallica consente inoltre di ridurre i volumi di scavo, di calcestruzzo e di reinterro, altri importanti elementi da tenere in considerazione ai fini della valutazione dei costi realizzativi;

- **alto livello di prefabbricabilità** delle costruzioni in acciaio, la possibilità, cioè, di pre-assemblaggio in officina aumenta la produttività e riduce i rischi dovuti a fattori e condizioni ambientali tipici delle costruzioni in opera in cantiere. La facilità di assemblaggio dei componenti strutturali nella carpenteria metallica consente di ridurre i tempi di realizzazione, ottimizzando le risorse;
- è **competitivo sul piano economico** per varie ragioni: dalla velocità costruttiva ai ridotti costi di manutenzione, dalla rapidità di ammortamento al risparmio nell'utilizzo di materiale, dalla riduzione delle fondazioni all'impiego di prodotti siderurgici standard per aree di cantiere limitate;
- interpreta la sintesi più attuale tra ingegneria e architettura realizzando costruzioni che si traducono in investimenti vantaggiosi nel tempo. Grazie alla forza della sua espressività e alle sue note caratteristiche di elasticità e malleabilità, l'opera architettonica e quella strutturale diventano l'una interprete dell'altra, esaltando il progetto e le sue peculiarità;
- è **il materiale più riciclato nel mondo**. Dopo aver esaurito le proprie funzioni strutturali il 100% dell'acciaio rottamato viene riciclato (senza perdere alcuna proprietà) e il 99% dei profili (sia piani che lunghi) viene recuperato in quanto facilmente separabile dagli altri materiali. L'acciaio dunque contribuisce, direttamente ed indirettamente, alla conservazione delle risorse naturali.

In merito alle caratteristiche della **nuova viabilità**, infine, considerando più in dettaglio la collocazione dell'opera e gli approfondimenti sviluppati in questa fase di concorso hanno portato a confermare quali ottimali le scelte localizzative operate dalla SA e condivise sui vari tavoli tecnico-politici.

Il posizionamento a circa **850m a Nord di Ponte Buriano** garantisce al contempo di **ridurre l'impatto paesaggistico** delle nuove opere rispetto alle prospettive visive del Ponte Medievale e di sfruttare una morfologia del territorio e dell'alveo dell'Arno ottimali con riferimento al contesto. La scelta di realizzare una strada di categoria C2 – extraurbana secondaria – appare coerente nell'ambito della rete stradale esistente - in cui la nuova infrastruttura costituisce il by-pass tra due tratti di una strada provinciale - nel rispetto degli obiettivi prefissati e dei traffici attesi. È condivisa anche l'adozione di intersezioni a rotatoria - ai sensi del DM 19/06/2006 - che garantiscono il miglior compromesso tra **sicurezza degli utenti e compatibilità ambientale dell'opera**. La progettazione stradale, come meglio articolato nel seguito, è stata sviluppata già da questa fase concorsuale, nel rispetto della normativa vigente, ad un livello di dettaglio comparabile a quello di un progetto definitivo al fine di identificare e risolvere i temi di compatibilità idraulica, geologico-geotecnica, ambientale ed in generale garantire una compatibilità con la vincolistica esistente.

Come anticipato, il rispetto del quadro esigenziale predefinito e della Compatibilità Idraulica è stato il principio cardine che ha vincolato la progettazione già in fase concorsuale. La concezione di un nuovo scavalco del fiume Arno, uno dei principali fiumi italiani, già di per sé pone al centro il rispetto dei vincoli di natura idraulica. Nello specifico lo scavalco si localizza perpendicolarmente ad un'ampia area golenale che costituisce il principale bacino di laminazione delle piene nell'area di riferimento. Proprio la presenza del ponte storico a "valle" costituisce un ostacolo al naturale deflusso delle portate, generando un rigurgito verso monte che trova naturale

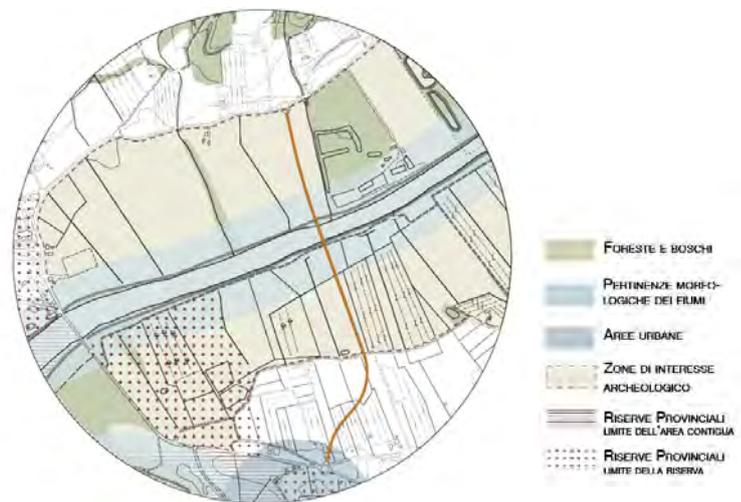


sfogo nell'esondazione della valle oggetto dell'intervento – aree che infatti sono caratterizzate da pericolosità elevata nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) vigente (vedi immagine - l'azzurro chiaro aree a pericolosità P1 – azzurro intermedio P2 – blu aree a pericolosità elevata P3, ovvero aree esondate già per portate con Tempo di ritorno trentennale Tr30anni).

Il profilo longitudinale della nuova viabilità, in uno con il profilo strutturale dell'opera di scavalco, sono stati concepiti in maniera coordinata per garantire il rispetto delle previsioni del capitolo 5.1.2.3 Compatibilità Idraulica (Ponti Stradali) delle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) 2018.

In particolare, il profilo è concepito per garantire sempre un franco libero di almeno 1,5m sulla quota idraulica della piena di progetto duecentennale (Tr 200 anni) – dato fornito dalla competente Autorità di Bacino per l'area di riferimento e pari a 208,8m s.l.m. - in tutta l'area caratterizzata da pericolosità P2 media e P3 elevata. Conseguentemente l'opera di scavalco assume uno sviluppo lineare di circa 830m e, sempre nel rispetto dei vincoli di Compatibilità Idraulica, presenta una sequenza di campate da 45m nelle aree golenali per poi approcciare allo scavalco dell'alveo ordinario con una singola campata caratterizzata da un arco a via inferiore da oltre 110m di luce, affiancata simmetricamente da una sequenza di tre archi per lato con luci da 81m a 45m per un totale di sette campate ad arco.

Nell'approccio del primo tratto della viabilità a partire dalla rotatoria a Sud e per circa 500m, in un'area caratterizzata da bassa o nulla pericolosità idraulica, anche al fine di contenere i costi di realizzazione dell'opera, si è optato per la realizzazione di un "rilevato trasparente", per il quale la trasparenza idraulica tra monte e valle è garantita dalla presenza di sette tombini (numero la cui ripetizione costituisce uno degli stilemi della concezione architettonica) ad arco ribassato di luce pari a 7,5m, realizzati con l'ausilio di tipo tubi "ARMCO".



La prima campata dell'opera di scavalco è stata posta in asse alla viabilità podereale che taglia l'area golenale a Sud, tale viabilità rientra infatti tra gli itinerari classificati come "strada storica" e per tale ragione si è ritenuto di tutelarla anticipando la spalla Sud dell'opera di scavalco in modo che la viabilità stessa risultasse al centro di una campata e dunque non fosse interessate da interferenze dirette con le opere né in fase definitiva né in fase realizzativa.

2 Soluzioni adottate per garantire l'inserimento dell'intera infrastruttura all'interno dell'ambiente e del paesaggio circostante

La soluzione architettonica proposta, come descritto nel capitolo precedente, prevede l'alternanza di sette coppie di archi la cui struttura scatolare delinea il profilo sottile di ciascun elemento strutturale con un effetto di luci e ombre generato dalla differente riflessione della luce. A seguito di uno studio materico mirato ad armonizzare l'inserimento del progetto nel contesto naturale preesistente, si propone l'utilizzo di Acciaio Corten che accresce il pregio architettonico dell'opera in armonia cromatica con il contest che, come evidenziato in precedenza, è caratterizzato da elementi di pregio sia sotto il profilo ambientale che paesaggistico.

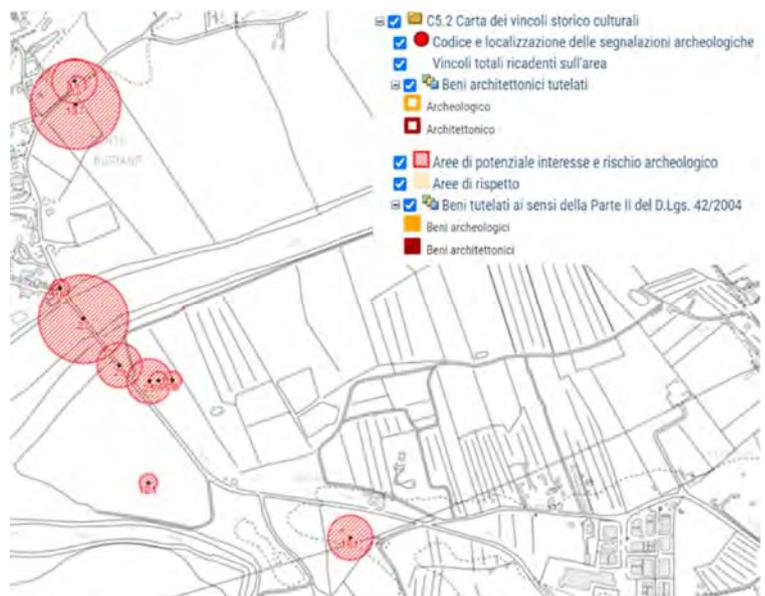
Il Piano di Indirizzo territoriale con valenza di Piano Paesaggistico, inserisce l'area in **ambito 15. "Piana di Arezzo e Val di Chiana"**, per la quale gli indirizzi evidenziano una **prioritaria azione contenimento e riduzione del grado di impermeabilizzazione e consumo di suolo**, con particolare riferimento alle aree di pertinenza del Fiume Arno. Da tali indicazioni deriva la necessità di operare un attento inserimento degli interventi in rapporto alle caratteristiche della maglia territoriale e del sistema insediativo. Allo scopo è stato quindi condotto un accurato studio del sistema dei vincoli insistenti sull'area, con particolare riferimento ai vincoli di cui al D.Lgs. 42/2004, Aree Protette e Siti Natura 2000, Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) e alla pianificazione comunale.

Per quanto attiene i vincoli ai sensi del D.Lgs.42/2004, si evidenzia come l'area risulti soggetta all'art.142 riferitamente ai seguenti vincoli:

- Zone di interesse archeologico ((art.142lett.m)
- Zone contermini ai laghi (art.142lett.b)
- Fiumi, i torrenti,i corsi d'acqua (art.142.c.1,lett.c,)
- Parchi e le riserve nazionali o regionali, nonché i territori di protezione esterna dei parchi (art.142.c.1,lett.F)

Il tracciato interferisce con tutte le tipologie di vincolo su elencate, lambendo solo parzialmente la Riserva Regionale di Ponte a Buriano e Penna, che tra l'altro è Sito di Interesse Comunitario (Codice Natura 2000 IT 5180013). Più precisamente l'area a questa contigua nella zona della rotonda di innesto con la SP.1.

Le **zone di interesse archeologico** risultano concentrate in fasce parallele al corso dell'Arno e sono state individuate in base ai criteri definiti in allegato H, scheda AR05, della Disciplina dei Beni Paesaggistici. Non risultano tuttavia presenti in allegato I (ascrivibili alla zona considerata) beni archeologici vincolati ai sensi della Parte II del Codice che presentano valenza paesaggistica. Conferma di ciò si trova nella cartografia del Piano Strutturale adottato (Elaborato C5.2) dove le aree di potenziale interesse e rischio archeologico si trovano concentrate lungo la Setteponti.



Per quanto attiene le **zone contermini ai laghi**, il tracciato interessa l'area di rispetto perilacuale del lago situato entro la Riserva Regionale. In queste aree gli indirizzi per l'inserimento delle opere rivolgono particolare attenzione al mantenimento dei **principi di coerenza paesaggistica e del valore estetico percettivo**. I medesimi indirizzi, maggiormente concentrati sull'assetto idrogeologico dell'area, vengono forniti per le aree interessate dal vincolo relativo ai **fiumi, torrenti e corsi d'acqua**. Appare evidente che il **principio della sicurezza idraulica** costituisce in queste aree condizione fondamentale per la progettazione delle opere, tanto più se queste ultime si rapportano direttamente con il corso d'acqua.

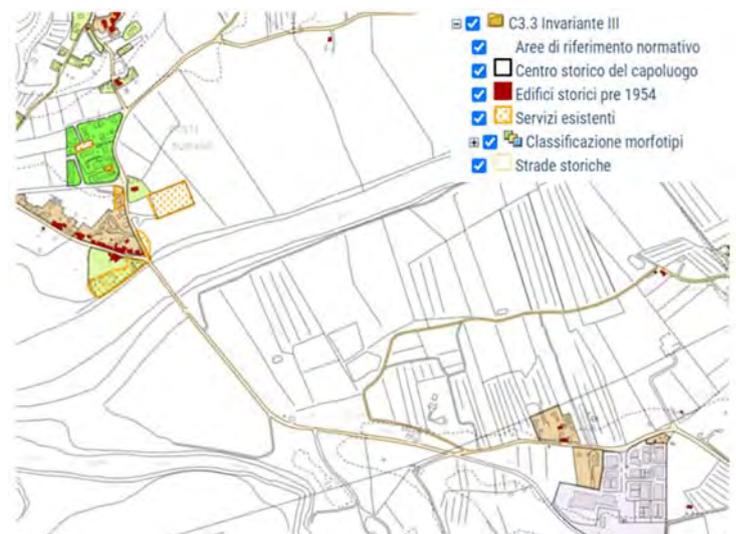
Gli interventi di trasformazione dello stato dei luoghi, fatti salvi i requisiti tecnici derivanti da obblighi di legge relativi alla sicurezza idraulica, devono essere dunque ispirati al **principio di salvaguardia**, sia della **vegetazione ripariale**, che dei **caratteri ecosistemici caratterizzanti il paesaggio fluviale**, oltre a **non impedire in alcun modo la possibilità di divagazione dell'alveo**.

Il Piano di Gestione del Rischio Idraulico, evidenzia in tal senso la particolare sensibilità dell'area. Come già evidenziato in precedenza, sono qui presenti tutte e tre le classi di pericolosità, confermando dunque la preminenza a livello progettuale della necessaria attenzione al tema della sicurezza idraulica dell'infrastruttura.

A livello di interferenze in merito alle zone di rispetto il Piano Strutturale vigente evidenzia la presenza di elettrodotti che attraversano l'area in esame.

Per quanto infine attiene il carattere dei sistemi insediativi, urbani e strutturali, il Piano Strutturale adottato rivela, oltre alla SP.1, la presenza di altre strade di matrice storica, della quali una in particolare dirama dalla SP.1 per raggiungere il complesso de La Casina e proseguire poi fino a raggiungere il complesso Palazzetto.

Gli approfondimenti eseguiti hanno consentito di leggere in modo complessivo i vincoli territoriali dei quali tenere conto per la progettazione dell'opera.



La soluzione adottata si è pertanto costruita basando il concept del progetto sulla interconnessione fra il valore percettivo e di inserimento nel contesto paesaggistico ed il valore ambientale in rapporto al tessuto ecologico ed ecosistemico esistente. A partire da una indispensabile soluzione progettuale di garanzia per la sicurezza idraulica dell'opera, come detto inserita in un contesto idraulico a rischio variabile, pur tuttavia caratterizzato da un'estensione considerevole in rapporto al posizionamento dell'infrastruttura, **la soluzione individuata si è affinata verso la conquista di un carattere di leggerezza strutturale e percettiva.**

Il percorso di accesso al ponte sul fiume Arno si innalza lentamente a raggiungere la quota dell'attraversamento fluviale percorrendo l'area di pianura a partire dall'innesto della rotatoria con la SP.1. Allo stesso modo, si osserva sul fronte opposto il medesimo effetto a partire dalla rotatoria di innesto con la Strada Provinciale dello Spicchio.



La **convergenza direzionale verso il ponte è annunciata su entrambi i lati dal sistema ad arco**, richiamo al concept principe del progetto e sviluppato nel numero di sette arcate di differente altezza e ampiezza a due a due fino all'arcata centrale centrata sul fiume. Sotto il profilo visuale e percettivo, sia che si

provenga da un lato, sia che si provenga dall'altro, **la struttura consente una visuale panoramica sul paesaggio circostante attraverso inquadramenti favoriti dalle forme ad arco** fino al raggiungimento del punto di massima altezza sul fiume dal quale, complice anche la fitta vegetazione ripariale, la vista prospettica privilegiata si ha verso il Ponte a Buriano.

La scelta di una struttura in elevazione, oltre che per ragioni di natura idraulica, è legata anche alla volontà di mantenimento delle connettività ecologiche presenti legate al contesto agricolo di pianura. E' da presumere infatti che, data l'ampiezza delle aree circostanti la nuova infrastruttura e la vicinanza al contesto fluviale ed alla Riserva Naturale, quest'area sebbene urbanizzata, conservi ancora un valore naturalistico nei riguardi del possibile transito di fauna locale. A tale riguardo, la soluzione prescelta consente la **conservazione delle connessioni, mantenendo sostanzialmente inalterato il contesto naturale esistente ed evitando una ulteriore linea di cesura verso la Riserva naturale**, oltre alla già esistente SP1.

L'impronta delle pile di sostegno è da considerarsi di minimo impatto se rapportata all'ampiezza del contesto nel quale si inserisce; viene così **salvaguardato il valore e la funzione ecologica e paesaggistica degli elementi della rete ecologica** regionale come individuata dal Piano Paesaggistico, **evitando l'interruzione della continuità degli assetti paesaggistici ed eco sistemici con l'area protetta**.



La stessa soluzione consente altresì di conservare senza interruzioni la strada storica di accesso al complesso La Casina, ponendo attenzione dunque anche ai **caratteri tipologici e architettonici del patrimonio insediativo di valore storico ed identitario**.

Per quanto attiene la parte di interventi da eseguirsi in area prossima al Fiume Arno, **il tracciato dell'infrastruttura è stato studiato con la precisa finalità di non compromettere i caratteri morfologici, idrodinamici ed ecosistemici del corpo idrico**.

Si è inoltre ricercata una soluzione strutturale che **minimizasse l'impatto visivo** dell'impalcato, accentuandone al contempo il pregio architettonico.

Un "classico" ponte a travata continua ed impalcato a via superiore presenta un'altezza delle travi principali di circa $L/20$, dove L è la luce della campata da superare. Nel caso dello scavalco del fiume Arno sarebbero stati pertanto necessari in una prima ipotesi elementi di altezza pari a circa 5m, con notevoli ripercussioni sull'impatto visivo dell'impalcato e sulla necessità di innalzare la pendenza longitudinale per mantenere il franco idraulico minimo imposto dalla normativa. In alternativa, per limitare l'ingombro delle travi metalliche sarebbe stato necessario introdurre una o più pile all'interno dell'alveo, con ripercussioni sul regime idraulico dell'Arno. Al fine di coniugare pertanto la necessità di un impalcato dal minimo impatto visivo e privo al contempo di opere nell'alveo inciso del fiume, si è ritenuta più opportuna la **scelta della soluzione ad arco, coniugata nel simbolismo del numero sette** che caratterizza la zona di Ponte a Buriano.

3 Fasi realizzative, innovazione, tecnologia e sostenibilità

3.1 Rappresentazione dei requisiti e delle prestazioni proposte in riferimento al quadro esigenziale dell'Ente con particolare attenzione alla sostenibilità e funzionalità dell'opera

Il principio guida della presente proposta progettuale verte sul rispetto delle esigenze della SA nell'ambito di una progettazione che garantisca la massima sostenibilità dell'opera sia in fase realizzativa che nell'ambito della pluridecennale gestione dell'opera.

Come già evidenziato in premessa, l'analisi del "Documento di Indirizzo alla Progettazione – Quadro Esigenziale" e gli approfondimenti compiuti sul contesto socio-territoriale hanno ben evidenziato le esigenze dell'Ente ed in generale del territorio.

Il primo obiettivo che ne emerge è la necessità di rispondere alla domanda di mobilità nel rispetto del bene vincolato/ponte storico. La proposta progettuale risponde in pieno alle due istanze:

- la realizzazione di una bretella con caratteristiche di strada extraurbana secondaria tipo C2 (DM 05/11/2001) che collega due punti a Sud ed a Nord dell'abitato di Ponte a Buriano, by-passando il ponte storico risponde pienamente alla domanda di mobilità del territorio;
- la localizzazione della nuova opera di scavalco, posta a circa 850m a monte del ponte storico ne tutela appieno il contesto paesaggistico ed al contempo caratterizza architettonicamente un'area contermine, rafforzando il concetto di strada dei "setteponti" con un'istanza moderna ma rispettosa ed ispirata al contesto;
- il by-pass del ponte storico consente un pieno recupero dell'opera che potrà diventare fulcro della rete di mobilità sostenibile, con particolare riferimento alla mobilità ciclopedonale, che sarà sviluppata nell'area di riferimento sia per sostenere gli spostamenti di prossimità e le soluzioni intermodali, sia come base di una rete a sostegno di un turismo "lento" che potrà essere incentivato nelle aree di riferimento.

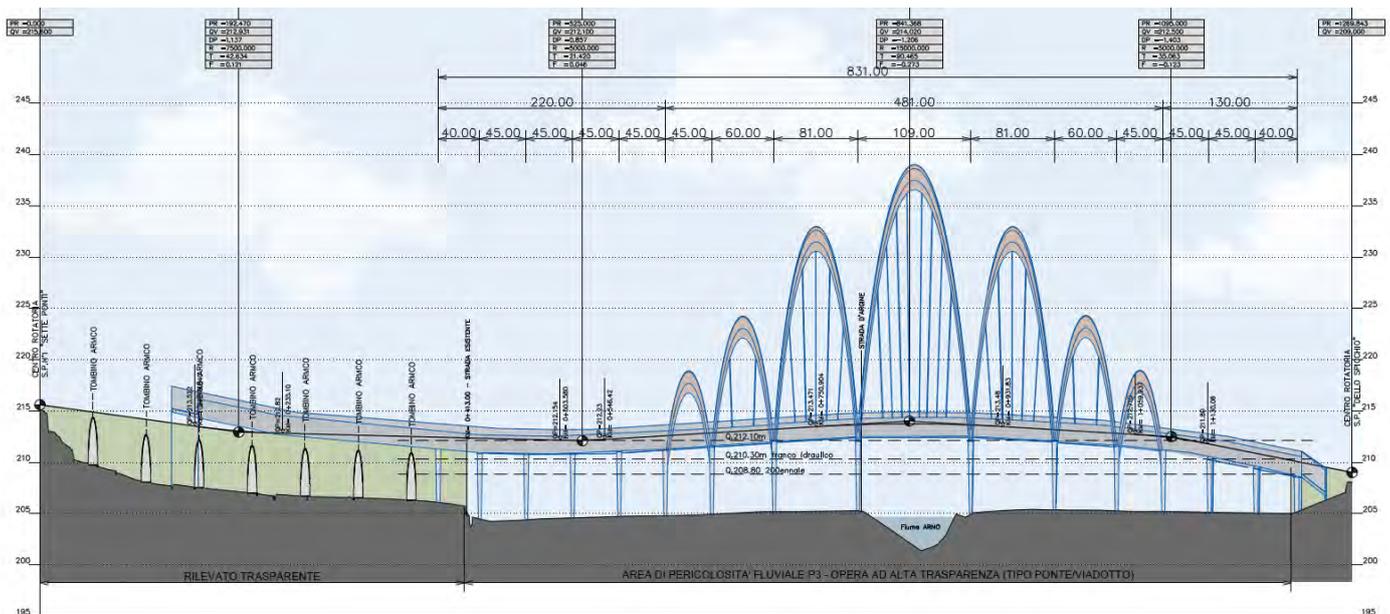


Un obiettivo correlato alla risposta alla domanda di mobilità è che la stessa sia riscontrata nel più breve tempo possibile – allo scopo la soluzione proposta, completamente in variante rispetto alla viabilità esistente consente di **ottimizzare le operazioni di cantiere**, permettendo di operare liberamente con più lavorazioni in parallelo senza particolari vincoli al contorno.

In particolare, ai fini di **ridurre il costo dell'opera e massimizzarne la sostenibilità ambientale**, la tratta in rilevato sarà realizzata ricorrendo al completo **riutilizzo del materiale di scavo** (previo trattamento a calce e/o cemento se necessario) proveniente dalla realizzazione delle fondazioni e dei plinti

dell'opera di scavalco. Allo scopo i cantieri di realizzazione delle fondazioni e dei movimenti terra saranno posti in parallelo. Tale soluzione concorre inoltre alla minimizzazione dei costi ed alla massimizzazione dei benefici ambientali correlati alla riduzione del consumo di territorio in termini di cave e discariche ed alla minimizzazione di produzione di CO₂ con la riduzione dei trasporti da cava e/o verso le discariche.

Sempre rispondendo al tema della sostenibilità ambientale è opportuno evidenziare che l'opera prevista occupa una porzione di territorio dedicata **all'espansione delle acque dell'Arno in caso di piena.**



Le aree interessate dall'opera, che peraltro è un'opera che massimizza la trasparenza sul territorio, sono aree ad **alta pericolosità idraulica**, sulle quali non è possibile ipotizzare alcuno sviluppo urbanistico a meno della fruizione del territorio "tal quale" ai fini agricoli e/o turistici, entrambe tipologie di fruizione che non vengono in alcun modo impedito e/o significativamente alterate dalla presenza dell'opera.

Al fine di garantire la tutela del territorio e dei suoi utilizzi, con particolare riferimento alla falda, l'infrastruttura stradale sarà progettata **con un sistema di drenaggio delle acque meteoriche di tipo "chiuso"**. Le acque di pioggia ricadenti sulla piattaforma carrabile saranno convogliate in apposite condotte e da queste riportate ad appositi impianti di trattamento delle acque di prima pioggia che trasportano gli inquinanti da dilavamento delle superfici carrabili. In funzione del profilo dell'opera saranno predisposti due impianti di trattamento, di cui uno a Sud in corrispondenza del punto di minimo del profilo longitudinale ed uno a Nord, che potrà essere allocato al centro della rotatoria.

Le soluzioni di trattamento delle acque saranno sviluppate in modo da poter garantire il **riutilizzo delle acque anche ai fini irrigui** per rendere il più possibile autosufficiente l'infrastruttura per l'irrigazione del verde inserito a mitigazione degli impatti. I sistemi di trattamento saranno concepiti per garantire la funzione di **contenimento di eventuali sversamenti accidentali** (tipico il caso di potenziali ribaltamenti di cisterne di idrocarburi) impedendo che gli stessi rifluiscono sul territorio inquinando la falda e le coltri vegetali.

Approfondendo ulteriormente il tema della sostenibilità dell'opera si evidenzia che il progetto dell'infrastruttura e delle opere accessorie sarà sviluppato nel pieno **rispetto dei Criteri Ambientali Minimi (CAM)** che costituiscono i requisiti ambientali definiti dal legislatore “per le varie fasi del processo di acquisto, volti a individuare la soluzione progettuale, il prodotto o il servizio migliore sotto il profilo ambientale lungo il ciclo di vita, tenuto conto della disponibilità di mercato”.

I CAM sono definiti nell'ambito di quanto stabilito dal Piano per la sostenibilità ambientale dei consumi del settore della pubblica amministrazione e sono adottati con Decreto del Ministro dell'Ambiente della Tutela del Territorio e del mare. L'art. 34 recante “Criteri di sostenibilità energetica e ambientale” del D.Lgs. 50/2016 “Codice degli appalti” (modificato dal D.Lgs 56/2017), ne ha reso obbligatoria l'applicazione da parte di tutte le Stazioni Appaltanti. Questo obbligo garantisce che la politica nazionale in materia di appalti pubblici verdi sia incisiva non solo nell'obiettivo di ridurre gli impatti ambientali, ma nell'obiettivo di promuovere modelli di produzione e consumo più sostenibili, “circolari” e nel diffondere l'occupazione “verde”.

Nonostante l'obbligo legislativo il quadro attuativo per le infrastrutture in termini di CAM è tuttora carente, tra i 17 CAM in vigore, infatti, non se ne riscontrano di specifici per le infrastrutture stradali, ma sono in vigore i CAM per l'illuminazione pubblica e per l'edilizia in genere. Fermo restando che il progetto è concepito per la massimizzazione di un modello di produzione “circolare” (vedasi il riutilizzo delle terre, l'utilizzo dell'acciaio come materiale di costruzione riciclato e riciclabile, il riutilizzo della componente, seppur minima, di fresato delle pavimentazioni esistenti in corrisponde delle rotatorie, ecc) saranno applicati tutti i possibili CAM vigenti con particolare riferimento a quelli per l'illuminazione pubblica.

Il rispetto dei CAM per quel che attiene gli impianti di illuminazione pubblica è normato dal D.M. 27/09/2017. Il decreto tratta in particolare:

- l'innalzamento delle prestazioni sotto il profilo dell'efficienza energetica, della durata e dell'affidabilità degli impianti;
- l'approfondimento dei temi riguardanti l'inquinamento luminoso;
- gli aspetti sociali legati agli appalti pubblici.

Al fine di assicurare il rispetto dei CAM, oltre che le necessarie esigenze di manutenibilità delle opere da parte della Stazione appaltante, gli impianti di illuminazione (sia delle rotatorie che di linea lungo l'infrastruttura di scavalco) saranno realizzati con moderni impianti al LED a basso consumo ed elevata durabilità. Grande cura sarà rivolta alla scelta delle lampade che garantiscano una corretta temperatura di colore. In particolare il progetto impiantistico in generale e il capitolato in particolare, prescriveranno l'utilizzo di apparecchi caratterizzati da prestazioni minime molto selettive fra cui:

- **Efficienza luminosa del modulo LED completo di sistema ottico**(il sistema ottico è parte integrante del modulo LED) **> 105 lm/W** (punto 4.1.4.5 del D.M. 27/09/2017)
- **Efficienza luminosa del modulo LED senza sistema ottico**(il sistema ottico non è parte integrante del modulo LED) **> 120 lm/W** (punto 4.1.4.5 del D.M. 27/09/2017)
- nel caso di moduli a luce bianca ($R_a > 60$), i diodi utilizzati all'interno dello stesso modulo LED siano rispettosi di entrambe le seguenti specifiche, al fine di evitare effetti cromatici indesiderati:
 - una **variazione massima di cromaticità pari a $\Delta u'v' 0,007$** misurata dal punto cromatico medio ponderato sul diagramma CIE 1976 (punto 4.1.4.5 del D.M.);
 - una **variazione massima pari o inferiore a un ellisse di MacAdam a 7-step** sul diagramma CIE 1931 (punto 4.1.4.5 del D.M.);

- Fattore di mantenimento del flusso luminoso (maggiore o uguale all'80% del flusso luminoso iniziale) **$L_{80}>60.000h$** (punto 4.1.3.7 del D.M. 27/09/2017);
- Tasso di guasto (inferiore o uguale al 10%) **$B_{10}>60.000h$** (punto 4.1.3.7 del D.M.).
- **l'utilizzo di un sistema di regolazione punto-punto**(in prima istanza previsto ad onde convogliate ma la tipologia sarà valutata di concerto con la stazione appaltante che potrebbe ad esempio preferire un sistema a onde radio oggi in forte diffusione);

- **l'introduzione di un sistema di telegestione dell'impianto.**

il sistema consente di introdurre maggiori risparmi perché permette di compensare, in sede di taratura iniziale dell'impianto eventuali sovradimensionamenti: ad esempio se il posizionamento di particolari punti luce porta a zone con livelli di illuminamento/luminanza superiori alle richieste normative è possibile regolare i soli punti luce che producono tale "eccesso" (la cosa non sarebbe possibile con i regolatori di tensione che alzano/abbassano il flusso di tutti i corpi illuminanti dell'impianto). Il sistema è basato sui seguenti componenti

- **Modulo di Regolazione** per controllo e la diagnostica dei singoli punti luce basato sulla comunicazione in tempo reale ad onde convogliate tra quadro e singoli moduli palo. Il modulo permette la lettura su display delle principali grandezze elettriche (tensioni di fase, correnti, potenze, cosfi, ecc), la memorizzazione di dati statistici sul funzionamento dell'impianto, la telelettura delle registrazioni di misure, allarmi e dei dati statistici memorizzati, la possibilità di variazione dei parametri da posizione remota quali scenari di funzionamento, allarmi, orologio.
- **Interruttore e Sensore Crepuscolare** ad infrarosso della serie Reverberi Infralux per l'accensione dell'impianto in funzione del livello dei raggi infrarossi presenti in atmosfera.

Sarà opportunamente inserita e definita in progetto/capitolato **l'esecuzione di una taratura iniziale di tutti gli impianti di illuminazione che tenga conto delle reali condizioni di installazione as built.**

Le soluzioni descritte consentiranno di assicurare l'ottenimento dei seguenti vantaggi:

- **funzionamento degli impianti di illuminazione ad un livello di flusso pari al 5-10% in più di quello minimo normativo**
- **risparmio energetico stimabile tra il 30-35% in fase iniziale e tra il 10-15% a fine vita impianto**

Nelle zone a verde delle rotatorie si potrà prevedere l'installazione **"alberi fotovoltaici" a inseguimento solare ad alta concentrazione che rappresentano un esempio di industrial-design e garantiscono un significativo arredo urbano**



Sempre in allineamento alle direttive CAM per gli strati di conglomerato bituminoso costituenti base e binder delle pavimentazioni saranno studiate con attenzione le miscele di capitolato per assicurare il confezionamento con impiego di materiali di recupero fino alla percentuale massima del 30%. Per il recupero degli aggregati derivanti dalla demolizione di pavimentazioni a fine vita utile, sarà inoltre prescritta la verifica secondo Normativa vigente e secondo quanto previsto dalla norma UNI EN 13108-8 "Miscele bituminose: Specifiche del materiale - Conglomerato bituminoso di recupero".

Al fine di assicurare la massima compatibilità ambientale sarà proposta in fase progettuale **l'applicazione di apposite verniciature fotocatalitiche sul manto di usura e sulle opere d'arte in grado di assorbire l'inquinamento atmosferico.** Il processo di fotocatalisi è un processo ossidativo di

cui è responsabile il biossido di Titanio (TiO₂), il quale, in presenza di luce (raggi ultravioletti), attira e trattiene le molecole di H₂O (umidità) naturalmente presenti nell'aria, catturando le polveri sottili e con esse l'ossido di azoto. Un processo di ossidazione che già avviene naturalmente ma che la fotocatalisi accelera, favorendo una più rapida decomposizione ed evitando l'accumulo delle sostanze nocive. Le particelle fotocatalitiche sono disperse nella resina che svolge un'azione ancorante alla superficie trattata, mantenendole in sospensione. Il processo fotocatalitico avviene con ogni tipo di luce, solare o artificiale, con una lunghezza d'onda $\lambda \leq 388\text{nm}$.

3.2 Prime valutazioni in merito agli aspetti strutturali del nuovo ponte e loro coerenza con il concept proposto

Seguendo le indicazioni del “Documento di indirizzo della Progettazione”, l'impalcato stradale presenta una **carreggiata di larghezza pari a 9.5 m** suddivisi in due corsie, una per senso di marcia di larghezza 3.5m, e da due banchine in destra ed in sinistra **di 1.25m**, coerentemente con i requisiti prestazionali di strade di **categoria “C2”** ai sensi del DM05/11/2001. Non sono stati invece previsti percorsi ciclo-pedonali sull'impalcato in quanto si ritiene che la nuova opera debba fornire un by-pass per la circolazione del traffico su ruote tra le località Ponte Buriano – Cincelli e Quarata, sgravando quindi il ponte storico dal transito di mezzi pesanti cui oggi è soggetto e potendo quindi destinare al passaggio ciclo-pedonale, preservandone pertanto la struttura ed incrementando la sua vita utile.

Per quanto riguarda la tipologia strutturale, **tutti gli archi sono di tipo “bowstring”**, ovvero archi a spinta eliminata in quanto la presenza delle travi-catena orizzontali ai margini della sezione, nelle quali si incastrano gli archi, assorbono la spinta che in loro assenza verrebbe trasferita alle opere di sostegno: questo schema strutturale, pertanto, consente di **ridurre i carichi orizzontali trasferiti alle pile ed alle fondazioni, rendendone meno onerosa** la realizzazione.

Per quanto riguarda, invece, le campate di accesso in sponda destra e sinistra, gli impalcati a via inferiore consentiranno di garantire un'omogeneità visiva del profilo dell'opera ed il rispetto dei franchi idraulici sulle zone di pericolosità P3. La luce tipica delle campate, pari a 45m, assicura inoltre il **rispetto delle prescrizioni normative di compatibilità idraulica** delle Norme Tecniche per le Costruzioni, che impongono una lunghezza minima pari a 40m.

3.3 Prime valutazioni sulle fasi realizzative dell'intera opera

Il progetto della nuova struttura e la valutazione della compatibilità con il suo costo atteso non possono prescindere dallo studio delle sue fasi realizzative; la soluzione proposta, che ripercorre il corridoio identificato dalla SA, è una soluzione in variante rispetto alla viabilità esistente, con la quale “interferisce” solo per quanto attiene alla realizzazione delle rotatorie di intersezione. Questa peculiarità consente di **ottimizzare le operazioni di cantiere** in una prima macrofase in cui si procederà alla realizzazione dell'intera opera, a meno delle stesse intersezioni, ed una seconda Macrofase in cui si procederà alla realizzazione delle **rotatorie** per sottofasi in modo da non generare particolari interferenze con il traffico.

Nell'ambito della prima Macrofase si procederà alla realizzazione del rilevato in contemporanea alle opere di fondazione ed elevazione del ponte. In particolare, con riferimento alla necessità di contenere i costi dell'opera e puntare in generale sulla **sostenibilità dell'opera**, il rilevato potrà essere realizzato con il contributo delle terre – opportunamente trattate- provenienti dagli scavi delle opere di fondazione profonda e dei plinti, con **notevole riduzione**:

- dei fabbisogni di **materiale approvvigionato da cava** (con riduzione del consumo di risorse naturali e CO₂ connessa ai trasporti)
- riduzione del **materiale destinato a discarica** (con riduzione del consumo di territorio per le discariche e soprattutto della CO₂ connessa ai trasporti a discarica)
- **riduzione dei costi** dell'opera per la riduzione degli approvvigionamenti e soprattutto dei trasporti.

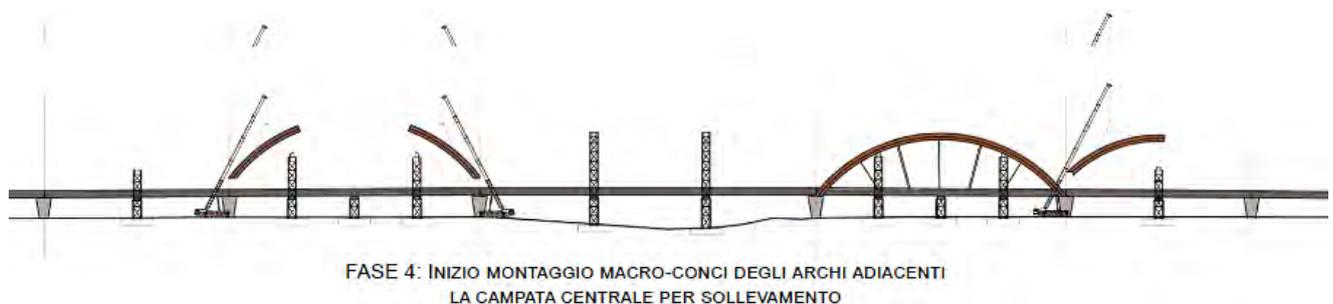
Successivamente si procederà alla realizzazione degli impalcati per i quali particolare importanza in termini di tecnologie di varo riveste la parte di impalcato che supera il fiume Arno. Il montaggio di una struttura in carpenteria metallica può essere eseguito dal basso, mediante **l'utilizzo di gru di grande portata** o carrelloni pneumatici, oppure con **tecnologie aeree**, quali ad esempio il varo in avanzamento a spinta con l'ausilio di avambecco. La scelta della tipologia di approccio deriva dalle condizioni al contorno del sito quali, ad esempio, l'orografia del terreno o la presenza di corsi d'acqua da superare. Laddove possibile risulta più semplice ed economico procedere con montaggi dal basso, ricorrendo a quelli in quota quando la prima opzione non risulti percorribile o sia troppo complessa/onerosa. Nel caso specifico del nuovo ponte in oggetto, dopo aver valutato le condizioni del sito e le geometrie dell'opera, si prevederanno **due differenti approcci**.

Il primo, che riguarda la **campata sull'Arno** di luce maggiore, presenta condizioni al contorno tali da rendere necessario un **varo con avambecco** per cui il solo impalcato verrà spinto da una sponda verso



l'altra. In una struttura ad arco, la pendinatura funge da supporto elastico dell'impalcato e pertanto è un elemento fondamentale per garantire la risposta statica attesa del ponte nel suo complesso.

Nel caso del transitorio di montaggio, in cui il collegamento arco-impalcato non sarà stato ancora realizzato, risulta necessario valutare la risposta strutturale in un differente schema strutturale, che deve essere verificato sia nei confronti della resistenza, sia per la sua stabilità globale e locale. A tal fine, pertanto, si prevederanno delle pile provvisorie metalliche in alveo che forniscano degli appoggi



intermedi temporanei alla struttura fintanto che non verranno realizzati gli archi e le pendinature.

Al fine di minimizzare il rischio di eventuali eventi di piena del fiume, le lavorazioni verranno programmate in modo da eseguire le fasi realizzative della campata di scavalco dell'Arno durante il periodo estivo, quando le **portate idriche risultano minime**.

Terminata la spinta dell'impalcato e sfruttandolo come piano di lavoro per le gru, sarà poi possibile andare a realizzare l'arco metallico e la pendinatura: a questo punto, con la struttura nello schema statico di progetto, si procederà alla rimozione delle pile provvisorie in alveo.

La seconda tipologia di montaggio del ponte, valida sia per gli archi che per le campate di approccio di sponda destra e sinistra, prevederà il **sollevamento dal basso delle strutture con l'ausilio di gru** di grande portata. In questi casi infatti le aree al di sotto ed in prossimità della nuova opera risultano tutte di agevole accesso, rendendo pertanto ottimale e produttiva questa tipologia realizzativa.

Una volta completate le opere che caratterizzano il **nuovo by-pass**, si procederà alla realizzazione delle rotatorie per sottofasi, con l'ausilio di opportuna segnaletica. In particolare, mantenendo il traffico sull'attuale carreggiata, si realizzerà – per ciascuna delle intersezioni – la semirrotatoria più esterna rispetto all'opera – il traffico sarà dunque deviato sulla semirrotatoria la cui corona giratoria sarà utilizzata temporaneamente come una carreggiata a doppio senso – si procederà dunque al completamento della rotatoria con la realizzazione della restante semirrotatoria e dunque all'apertura al traffico della nuova viabilità.



4 Valutazioni sulle durabilità delle soluzioni proposte, facilità ed economicità di manutenzione

La durabilità ed il raggiungimento della vita utile attesa di una qualsiasi struttura dipendono sia dalla **qualità della progettazione e della sua realizzazione a regola d'arte**, sia da una **corretta manutenzione** dell'opera nel corso del tempo. L'esperienza insegna che la vita utile di una struttura metallica cui venga garantita un'adeguata protezione dagli agenti atmosferici risulta praticamente illimitata. Tipicamente questa viene garantita attraverso cicli di verniciatura, di tipologia variabile in funzione dell'ambiente in cui si trova l'opera e comunque da rinnovare nel corso del tempo per preservarne l'efficacia.

Il materiale proposto per gli impalcato ed archi è **l'acciaio S355 auto-patinabile tipo Cor-Ten**, sigla che deriva dalla sintesi di Corrosion Resistance (resistenza alla corrosione) e Tensile Strength (elevata

resistenza meccanica). L'acciaio Corten è un materiale versatile che permette di combinare efficienza ed estetica. Grazie alle sue proprietà strutturali risulta essere la risposta giusta alle esigenze statiche delle strutture da ponte e la sua particolarità è costituita dalla patina protettiva che si crea sulla sua superficie e che gli dona il caratteristico colore bruno ruggine.

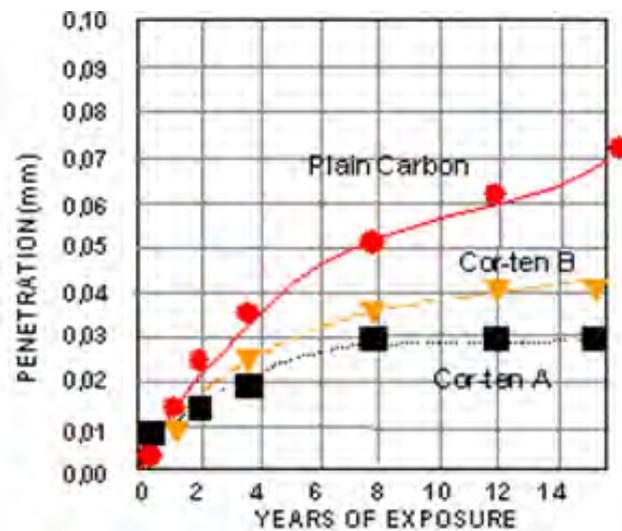
La patina superficiale **protegge l'acciaio** nel tempo, donandogli **un'elevata resistenza alla corrosione** degli agenti atmosferici **senza la necessità di prevedere cicli di verniciatura protettiva**. In figura si riporta uno studio che grafica l'andamento nel tempo della penetrazione della corrosione in un acciaio al carbonio ed in Corten, esposti in ambiente rurale: il Corten, nel tempo, ha manifestato una sensibilità alla corrosione pari al 50% circa rispetto all'acciaio standard da carpenteria dopo 15 anni di esposizione.

Si noti, in particolare, come la curva dell'acciaio al carbonio abbia una tendenza a crescere nel tempo, a differenza di quella dei Corten che si mantengono pressoché costanti, a testimonianza del valore aggiunto di questa tipologia di **materiale per opere dalla lunga vita utile, quali le strutture da ponte**.

La principale proprietà dell'acciaio Corten rispetto ai normali acciai di carpenteria è quindi la sua capacità di autorigenerarsi e autoprotettersi. La formazione della patina, per l'acciaio Corten, fa parte di un processo di ossidazione controllato e calcolato e se questa particolare "ruggine" che lo riveste viene graffiata, la lega dell'acciaio ossidato Corten genera automaticamente una nuova pellicola protettiva: il Corten, in sintesi, si rigenera e si preserva da solo.

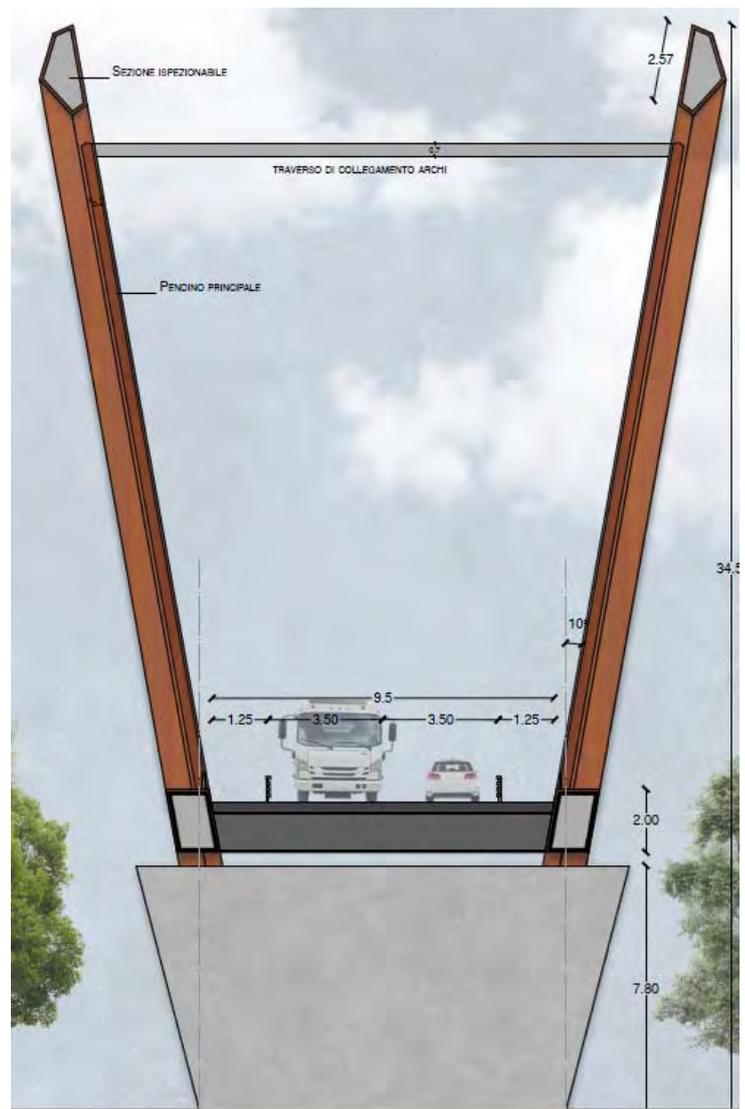
Tale proprietà risulta pertanto premiante dal punto di vista della facilità di manutenzione dell'opera, e ne **abbatte i costi** in quanto il ritocco delle verniciature è l'intervento manutentivo eseguito con maggiore frequenza sulle opere di linea in carpenteria metallica, che in questo caso non risulteranno necessari.

Al contempo, si otterrà una **riduzione dell'impatto ambientale** dell'opera in quanto il rinnovo dei cicli di verniciatura comporta l'utilizzo di materiali e procedure potenzialmente inquinanti per l'ambiente (sabbatura e impiego di materiali chimici). La possibilità di non dover ricorrere a tali lavorazioni durante la vita dell'opera è un ulteriore elemento che favorisce l'inserimento della struttura nel contesto in cui essa è prevista.



Nel caso specifico della presente applicazione, infine, questa tipologia di materiale trova la sua migliore applicazione di inserimento paesaggistico: il colore naturale del Corten infatti **ben si inserisce** in un contesto dominato dai colori verde, rosso e marrone, tipici del **paesaggio naturale delle colline toscane**.

Un altro aspetto di fondamentale importanza nell'ottica di garantire durabilità ed al contempo facilità ed economicità di manutenzione è la possibilità di **rendere agevolmente ispezionabile** l'opera in ogni suo elemento strutturale principale. A tal fine le sezioni degli archi e delle catene degli impalcati avranno dimensioni sufficienti da **risultare interamente percorribili** ed ispezionabili anche internamente, garantendo all'Ente gestore dell'opera la possibilità di valutare lo stato di conservazione degli elementi più significativi del ponte. Inoltre la grande esperienza nel campo di questa tipologia di strutture consentirà di studiare **dettagli di carpenteria** che risultino sia staticamente **performanti** ed ottimizzati per le esigenze dell'opera, sia **facilmente ispezionabili**.



Infine, sempre nell'ottica della facilità di manutenzione, si è scelto di precedere come pendinature degli archi elementi un **numero contenuto di elementi**, realizzati anch'essi in acciaio di carpenteria corten. Tale soluzione infatti, rispetto ai più convenzionali sistemi di sospensione realizzati con funi o cavi metallici, risulta di **più semplice ed economica manutenzione** in quanto presenta un numero ridotto di elementi (4 coppie nel caso della campata di luce maggiore), non rende necessarie operazioni di ri-tesatura nel tempo e di conseguenza non richiede maestranze e tecnici altamente specializzati per tali tipologie di attività manutentive.

Per quanto riguarda l'infrastruttura, nell'ambito degli sviluppi afferenti al capitolo 3 sono state ampiamente descritte le soluzioni tecnologiche inerenti in particolare all'illuminazione, mirate a contemperare le esigenze di sostenibilità ambientale con quelle di durabilità e riduzione degli oneri di gestione e manutenzione.

In particolare per l'illuminazione dell'infrastruttura si prevede la realizzazione di impianti a Led telecomandati e teleregolati di ultima generazione con :

- Fattore di mantenimento del flusso luminoso (maggiore o uguale all'80% del flusso luminoso iniziale) **$L_{80} > 60.000h$** (punto 4.1.3.7 del D.M. 27/09/2017);
- Tasso di guasto (inferiore o uguale al 10%) **$B_{10} > 60.000h$** (punto 4.1.3.7 del D.M.).

- **l'utilizzo di un sistema di regolazione punto-punto**(in prima istanza previsto ad onde convogliate ma la tipologia sarà valutata di concerto con la stazione appaltante che potrebbe ad esempio preferire un sistema a onde radio oggi in forte diffusione);
- **l'introduzione di un sistema di telegestione dell'impianto**
- **Modulo di Regolazione** per controllo e la diagnostica dei singoli punti luce basato sulla comunicazione in tempo reale ad onde convogliate tra quadro e singoli moduli palo. Il modulo permette la lettura su display delle principali grandezze elettriche (tensioni di fase, correnti, potenze, cosfi, ecc), la memorizzazione di dati statistici sul funzionamento dell'impianto, la telelettura delle registrazioni di misure, allarmi e dei dati statistici memorizzati, la possibilità di variazione dei parametri da posizione remota quali scenari di funzionamento, allarmi, orologio.
- **Interruttore e Sensore Crepuscolare** ad infrarosso della serie Reverberi Infralux per l'accensione dell'impianto in funzione del livello dei raggi infrarossi presenti in atmosfera.

Sarà opportunamente inserita e definita in progetto/capitolato **l'esecuzione di una taratura iniziale di tutti gli impianti di illuminazione che tenga conto delle reali condizioni di installazione as built.**

Le soluzioni descritte consentiranno di assicurare l'ottenimento dei seguenti vantaggi:

- **funzionamento degli impianti di illuminazione ad un livello di flusso pari al 5-10% in più di quello minimo normativo**
- **risparmio energetico stimabile tra il 30-35% in fase iniziale e tra il 10-15% a fine vita impianto**

Dal punto di vista del contenimento dei costi di gestione e manutenzione un contributo sarà fornito anche dal sistema di drenaggio delle acque di pioggia ed in particolare dei sistemi di trattamento delle acque di prima pioggia che saranno concepiti per immagazzinare le acque trattate al fine del loro riutilizzo per garantire l'attecchimento e la manutenzione del verde che caratterizzerà le mitigazioni dell'infrastruttura.

5 Valutazioni preliminari di coerenza economica del costo dell'intervento rispetto all'importo previsto per il costo complessivo delle opere

Sono state condotte valutazioni preliminari, di larga massima, per analizzare la compatibilità economica della soluzione proposta con il costo complessivo di realizzazione e di manutenzione delle opere previsto dalla Stazione Appaltante.

Confrontando le indicazioni del "Documento di indirizzo della progettazione" (DIP), di cui si riporta uno stralcio della planimetria di progetto, se ne ravvisa ad una prima stima una sostanziale coerenza economica con il costo stimato per la realizzazione dell'opera. La soluzione ivi riportata prevede infatti la realizzazione di una viabilità alternativa di circa 1.3 km, di cui approssimativamente 100 m in ponte, per il superamento dell'alveo inciso del fiume Arno. Il rimanente sviluppo è previsto in rilevato.



Come già analizzato in precedenza all'interno della presente relazione, sono presenti tuttavia una serie di **vincoli e condizioni al contorno che non rendono la soluzione del DIP completamente percorribile**.

Riassumendo in breve i più significativi:

- i dati ricevuti dall'Autorità di Bacino prevedono una quota della piena con tempo di ritorno $T_R=200$ anni pari a 208.8m s.l.m. In particolare le più recenti Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018 hanno **incrementato il franco idraulico minimo** al di sopra di tale quota, portandolo da un minimo di 1.0 agli attuali **1.5 m**;
- le aree adiacenti l'alveo inciso del fiume, in sponda destra fino alla S.P.1 ed in sinistra fino alla strada storica, sono **zone di laminazione con pericolosità di classe P3 e pertanto esondabili** con portate associate a tempi di ritorno ridotti ($T_R=30$ anni). Al fine di garantire la sicurezza e la compatibilità idraulica della soluzione proposta con le prescrizioni normative risulta pertanto necessario prevedere **anche in tali parti della nuova viabilità un'opera ad alta trasparenza idraulica**, ovvero un ponte di **sviluppo complessivo maggiore rispetto a quanto ipotizzato nella planimetria del DIP**.

Ciò premesso, ed entrando nel merito della soluzione proposta dalla Scrivente, si osserva che su uno sviluppo complessivo di circa 1270 m di variante, misurati rispetto ai centri delle rotatorie di nuova realizzazione, **circa 830 m saranno quindi costituiti dalla nuova opera d'arte** (ponti ad arco e relative rampe di accesso) e la rimanente parte da tratti in rilevato, comunque a ridotto impatto idraulico per effetto della presenza dei tubi tipo "Armco". Per quanto riguarda il nuovo ponte, in particolare, si sono adottati tutta una serie di **accorgimenti di carattere tecnico e geometrico atti a minimizzarne il costo** di realizzazione: campate di luce maggiore del minimo consentito dalla normativa (40 m) per ridurre il numero di opere civili e fondazioni, particolarmente onerose in una zona fluviale, montaggi il più possibile eseguiti dal basso e varo a spinta per la campata centrale dove altri approcci sarebbero risultati più costosi.

Si ritiene pertanto giustificato, in prima analisi, prevedere che parte delle risorse economiche destinate ai lavori stradali, pari a circa 3.5 mln di € totali, possano essere destinati alla realizzazione del nuovo ponte. Ciò nonostante, a causa delle condizioni al contorno precedentemente descritte, si ritiene che sulla base dell'esperienza della Scrivente risulti opportuno prevedere un costo di realizzazione dell'opera maggiore di circa il 30% rispetto a quanto previsto dal Disciplinare. Nelle successive fasi di progettazione sarà poi possibile prevedere una serie di ottimizzazioni atte a far rientrare almeno in parte i costi od anche, se desiderato, posticipare alcune lavorazioni in una fase successiva senza pregiudicare la funzionalità dell'opera.

Si evidenzia, infine, che la **corretta stima del costo** dell'intervento per la Stazione Appaltante non debba basarsi unicamente sull'ammontare dei lavori iniziale, ma che anzi non possa prescindere da **valutazioni relative ai costi di manutenzione e gestione dell'opera** lungo il suo ciclo di vita. In tale ottica, alla luce delle scelte sulla tipologia dell'acciaio da carpenteria auto-patinabile e delle modalità realizzative delle pendinature, si ritiene che i costi manutentivi dell'opera **saranno fortemente ridotti** rispetto ad altre tipologie di impalcati da ponte, rendendo quindi la soluzione proposta sia **economicamente sostenibile**, sia capace di valorizzare l'area e divenire una **nuova immagine simbolica della Provincia**.