

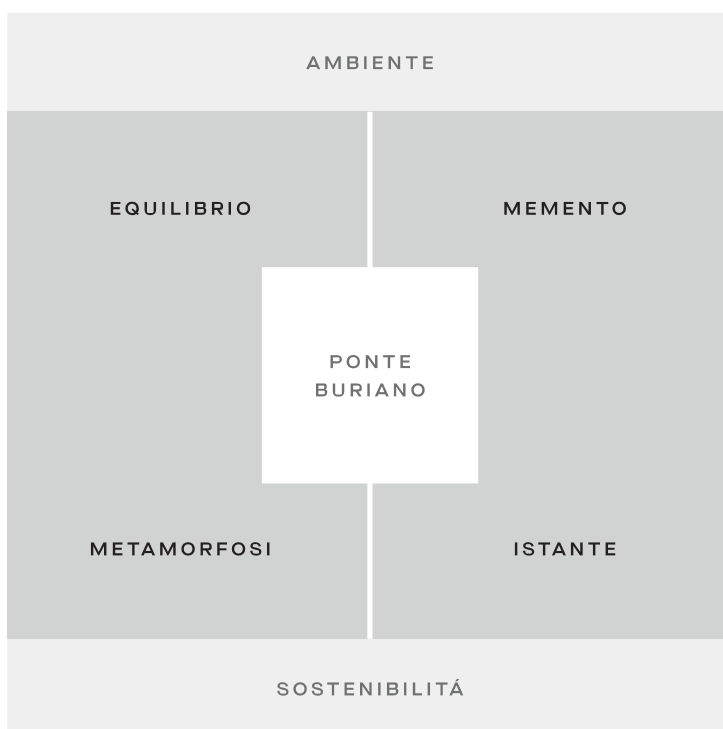
PONTE BURIANOCONCEPT DESIGN

CONCEPT

Il concept design del nuovo attraversamento sull'Arno come risposta definitiva e alternativa al ponte storico Buriano, si fonda sulla connessione intrinseca tra architettura e ambiente, uomo e natura, stimolata dalla percezione sensoriale della riserva naturale e patrimonio storico / artistico.

Il nuovo ponte è progettato per inserirsi in perfetto equilibrio con la natura circostante, rappresentando un dialogo transitorio scolpito tra paesaggio naturale e individuo che culmina in una potente dichiarazione. Il ponte si eleva elegante e discreto sulle sue solide fondamenta di arenaria, celebrando il materiale terroso con un incontro ravvicinato tra vecchio e nuovo, incarnando passato e presente.

La pista ciclabile e la passerella pedonale esortano ad un prezioso momento di pausa per ammirare il panorama e lasciarsi toccare nell'anima.



Focalizzato il concept, abbiamo dato voce a 4 parole chiave che interpretano in sintesi l'approccio al progetto. A supporto di esse sono stati elaborati 4 collage astratti con immagini di ispirazione, colori e matericità.

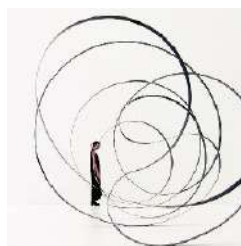
EQUILIBRIO



MEMENTO



METAMORFOSI



ISTANTE



EQUILIBRIO



CONTESTO
AMBIENTE
SOSTENIBILITA

MEMENTO



EMPATIA
SENTIMENTO
EMOZIONE

METAMORFOSI



VECCHIO / NUOVO
PASSATO / PRESENTE
EXPERIENCE

ISTANTE



SLOWDOWN / PAUSA
INTROSPEZIONE
CONDIVISIONE

STUDI INIZIALI

CONTESTO

Al fine di preservare il bene storico del ponte Buriano, di risolvere le necessità di viabilità e di rispettare il più possibile la fauna e flora circostanti, viene proposto un già esistente scavalcamento che devierà la massa del traffico necessaria nelle zone collegate. Questo consentirà interventi di risanamento e restauro conservativo del ponte esistente del XIII secolo.



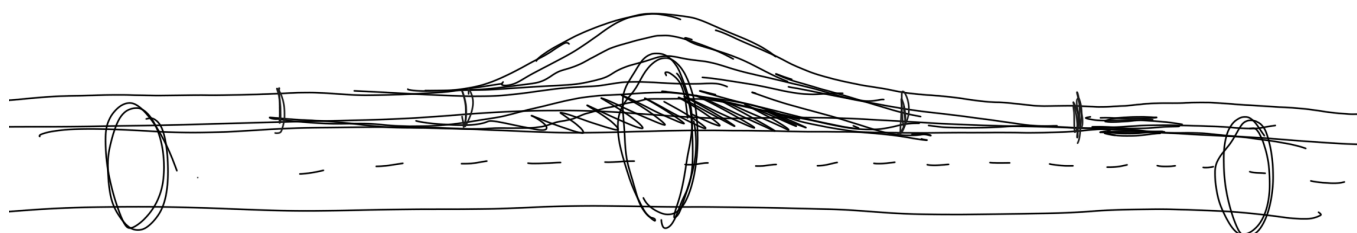
Onde evitare la costruzione di un ulteriore ponte / guado temporaneo, imbattersi in costi aggiuntivi e in lavori che potrebbero compromettere l'ambiente circostante, si suggerisce di deviare il traffico veicolare in modo provvisorio su Via Il Giugno (ponte del Castelluccio). Così mettendo in comunicazione Castelluccio e Cincelli tramite la Strada Provinciale dello Spicchio. In questo modo il ponte romano avrà lo spazio e la quiete necessari ai lavori di restauro.



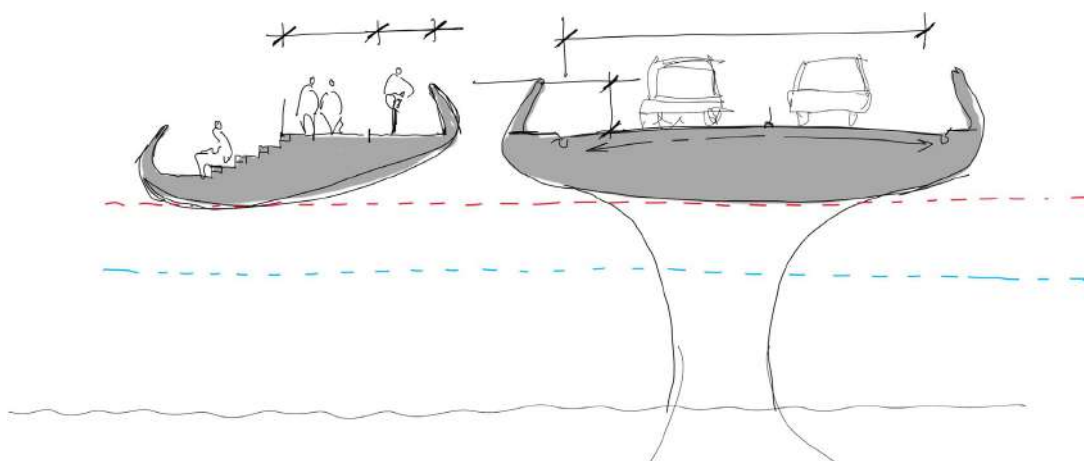
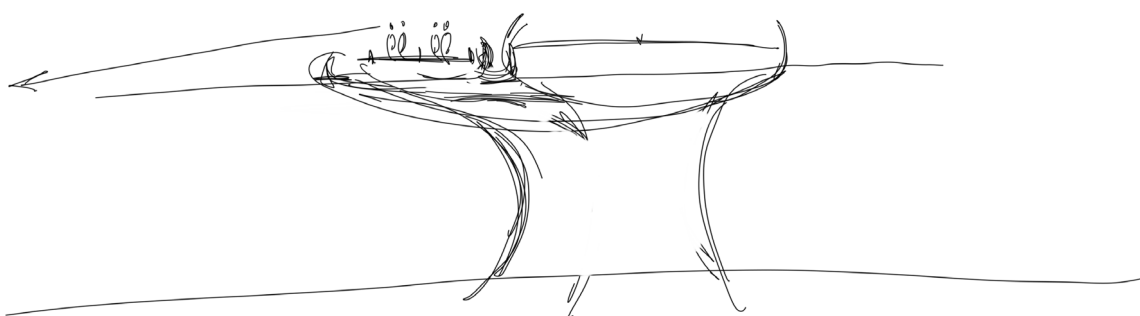
SCELTA DELLA CONFIGURAZIONE

“CIÒ CHE ALL’APPARENZA SEMBRA STATICO E FERMO È IN REALTÀ DINAMICO” - ERACLITO DI EFESTO 535 – C. 475 BC

Dando priorità alle aree di pertinenza fluviale e riduzione di rischio idraulico, alle zone di interesse paesaggistico ed archeologico e cercando di ridurre al minimo l’impatto con il suolo, si è previsto di progettare un sistema elevato di viadotti paralleli. Da sponda nord a sponda sud, in una maniera continua e lineare, si arriva ad uno spazio centrale di unione e transizione sinuosa ed organica, dedicata alla contemplazione del ponte Buriano e al paesaggio quasi come un tributo del presente al passato.

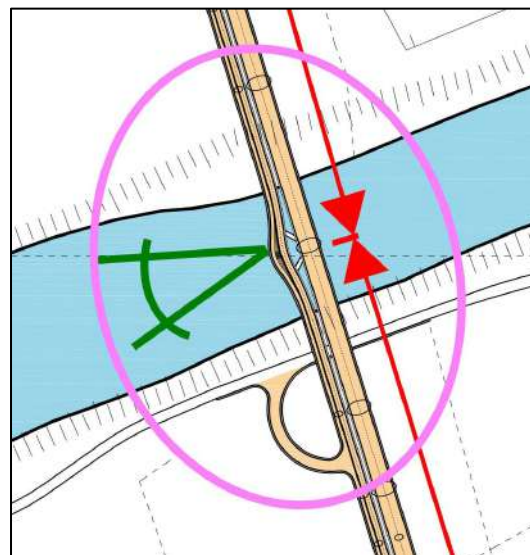
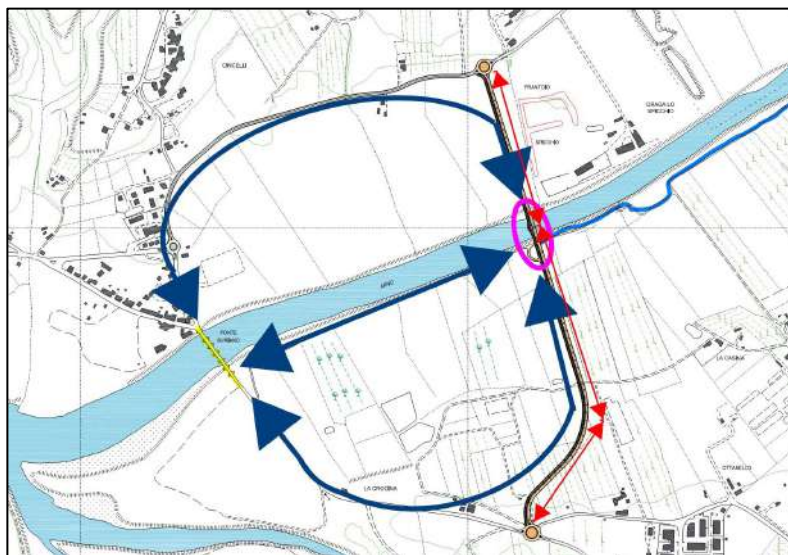


Il design del ponte è stato concepito per ospitare una carreggiata ed una corsia ciclabile a doppio senso più una passerella pedonale inclusa di belvedere, creando così un circuito per trekking e lunghe passeggiate alla riscoperta della natura e di sé stessi. Si è deciso di separare la pista ciclabile e la passerella pedonale dalla carreggiata principale, per privilegiare e proteggere i pedoni / ciclisti nella zona di transizione ricreazionale. Inoltre, la funzionale forma concava della carreggiata isola acusticamente ogni tipo di interferenza sonora prodotta dal traffico, regalando così ai pedoni un’esperienza naturalistica a 360 gradi.



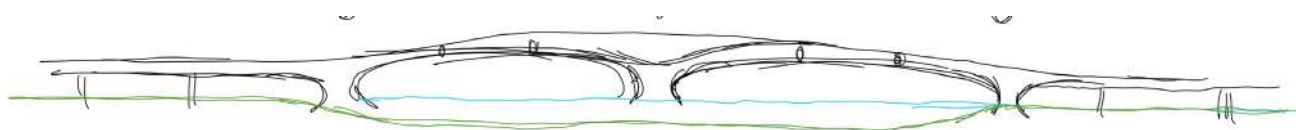
ALLACCIO DI CIRCUITO ECO TURISTICO

L'arrivo del nuovo viadotto e l'allaccio ciclabile pedonale al Sentiero della Bonifica e Ciclopista dell'Arno, intravede l'opportunità di creare un circuito sportivo che originerà una nuova interessante dinamica del patrimonio paesaggistico e culturale. Un pubblico più ampio sarà attirato e ispirato dalla possibilità di attività all'aperto, le quali incentiveranno l'economia circostante, rendendo la destinazione un marchio caratteristico da visitare.



IDROLOGIA E STAGIONI

“LA PIOGGIA CADDE, E A’ FOSSATI VENNE DI LEI CIÒ CHE LA TERRA NON SOFFERSE” - DANTE ALIGHIERI LA DIVINA COMMEDIA - PURGATORIO: C. V ,V. 115-129



L'Arno ha un regime relativamente torrentizio che, a causa della natura dei terreni circostanti, dell'indiscriminato prelievo delle sue acque per uso agricolo e ai cambiamenti climatici, crea il fenomeno di secca e piena stagionale. Verificato il dimensionamento delle sezioni nelle situazioni di maggiore criticità e valutato un tempo di ritorno coerente delle alluvioni, si è difeso uno sviluppo lineare (senza aumentare il rischio idraulico in altri luoghi in riva al fiume) tramite la realizzazione di un nuovo viadotto ai sensi della legge “Legge Regionale 24 Luglio 2018 n.41” art.13 comma 1 e 2.

IL PONTE E' PAESAGGIO

SCelta ARCHITETTONICA

L'Arno come punto di nascita ed incontro e l'Iris Fiorentina come sorpresa spontanea dei paesaggi, regalano stupore e rapimento nell'osservatore, fondendosi con l'immutata poesia della campagna toscana, cambiando il loro fascino particolare in ogni stagione dell'anno.

Le forme curvilinee dei petali e delle radici dell'Iris Fiorentina hanno ispirato la scelta architettonica del pilastro centrale del viadotto che sorregge il belvedere. Anche se il fiore si presenta all'apparenza delicato, è una pianta perenne che supera inverni rigidi ed estati torride.



01



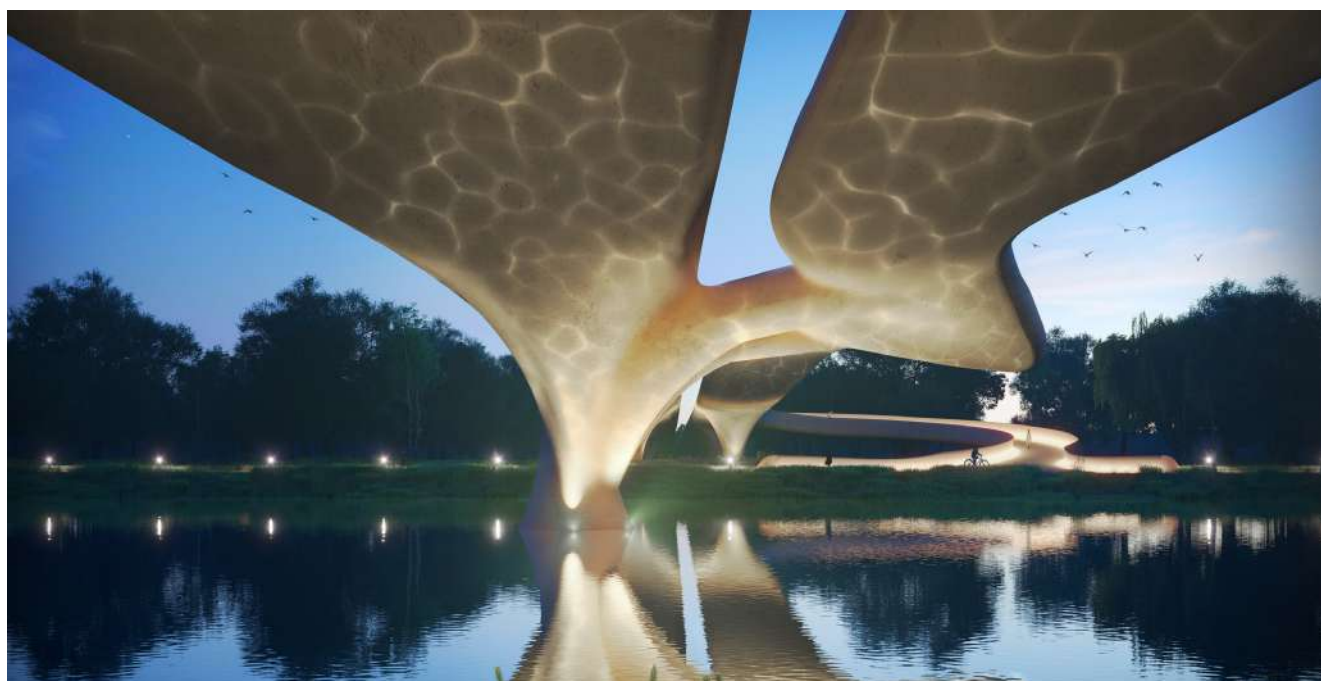
02

01 - PETALI

Le lacinie del perigonio di forma allungata conferiscono al fiore un aspetto slanciato ed elegante.

02 - RADICI

Scavate a fine estate, sbucciate ed essiccate fino a che non diventano dure e gessose.



Incorniciato dalle sponde del fiume e da una coppia di pilastri simmetrici, genera una metamorfosi di geometrie e linee prospettiche che variano da ogni punto di fuga.





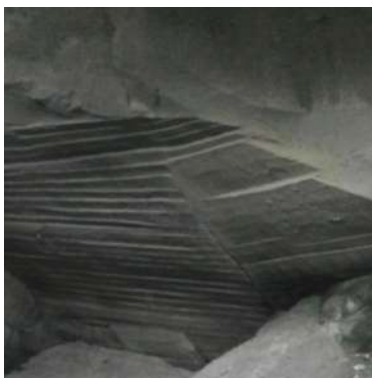
MATERICITÀ

L'approccio alla ricerca della matericità si fonda principalmente sulla pigmentazione dell'arenaria come filo conduttore del linguaggio progettuale e dell'integrazione paesaggistica.

L'idea è quella di riutilizzare le risorse già presenti in loco, trasformarle e mixarle con materiali sostenibili. I pigmenti terrosi naturalmente prodotti dall'arenaria daranno vita ed anima al materiale finale che si sposterà perfettamente con l'ambiente circostante.



PIGMENTO 1
ARENARIA ROSSA



PIGMENTO 2
ARENARIA VERDE

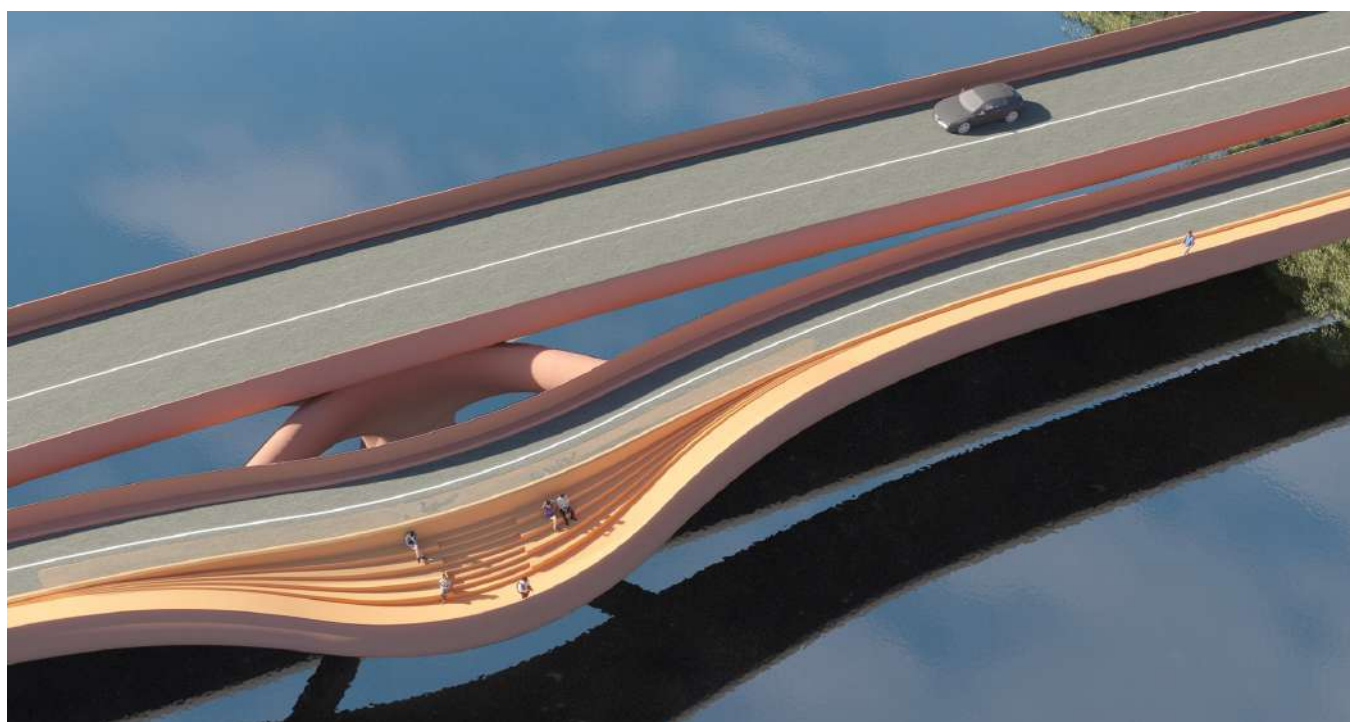


PIGMENTO 3
ARENARIA GIALLA

L'arenaria rossa con i suoi toni caldi e avvolgenti, riveste interamente la struttura del ponte.

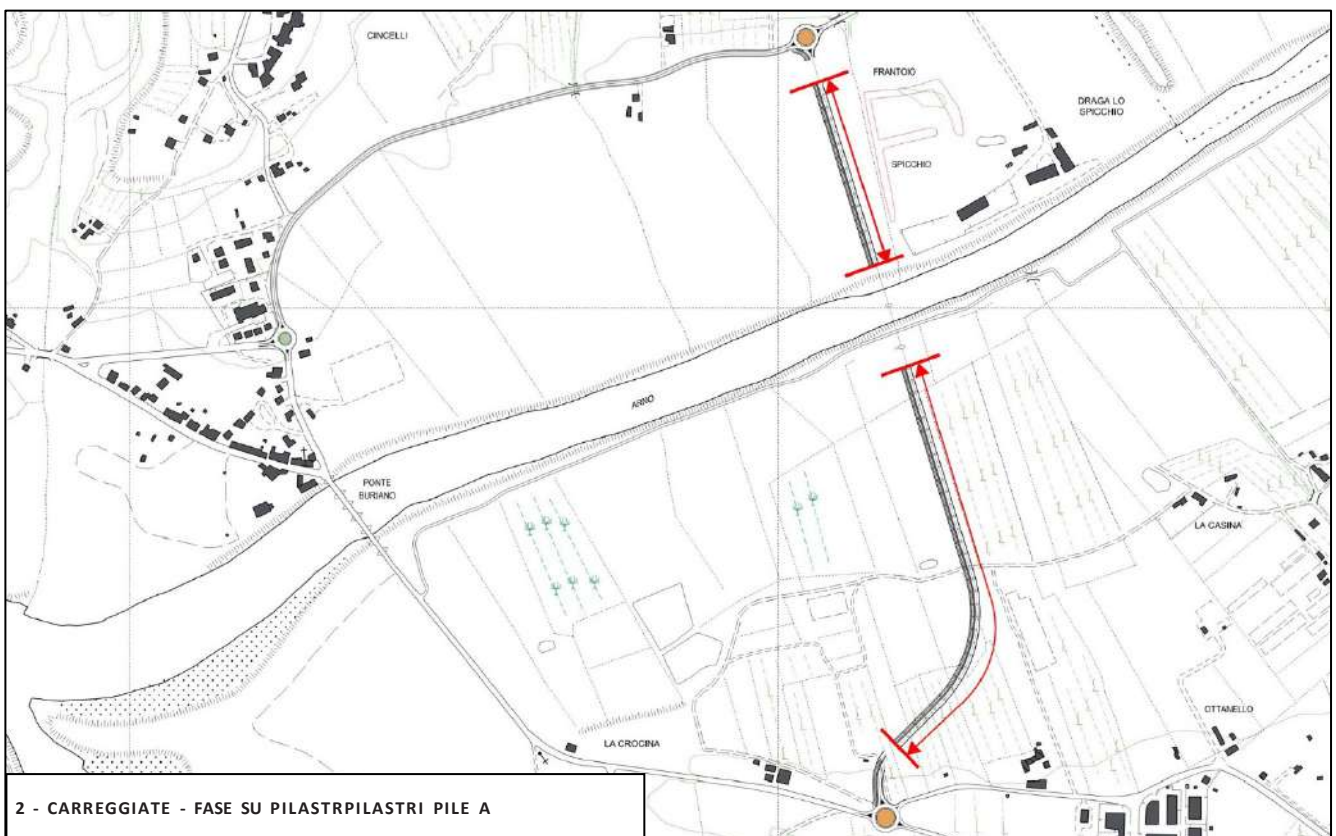
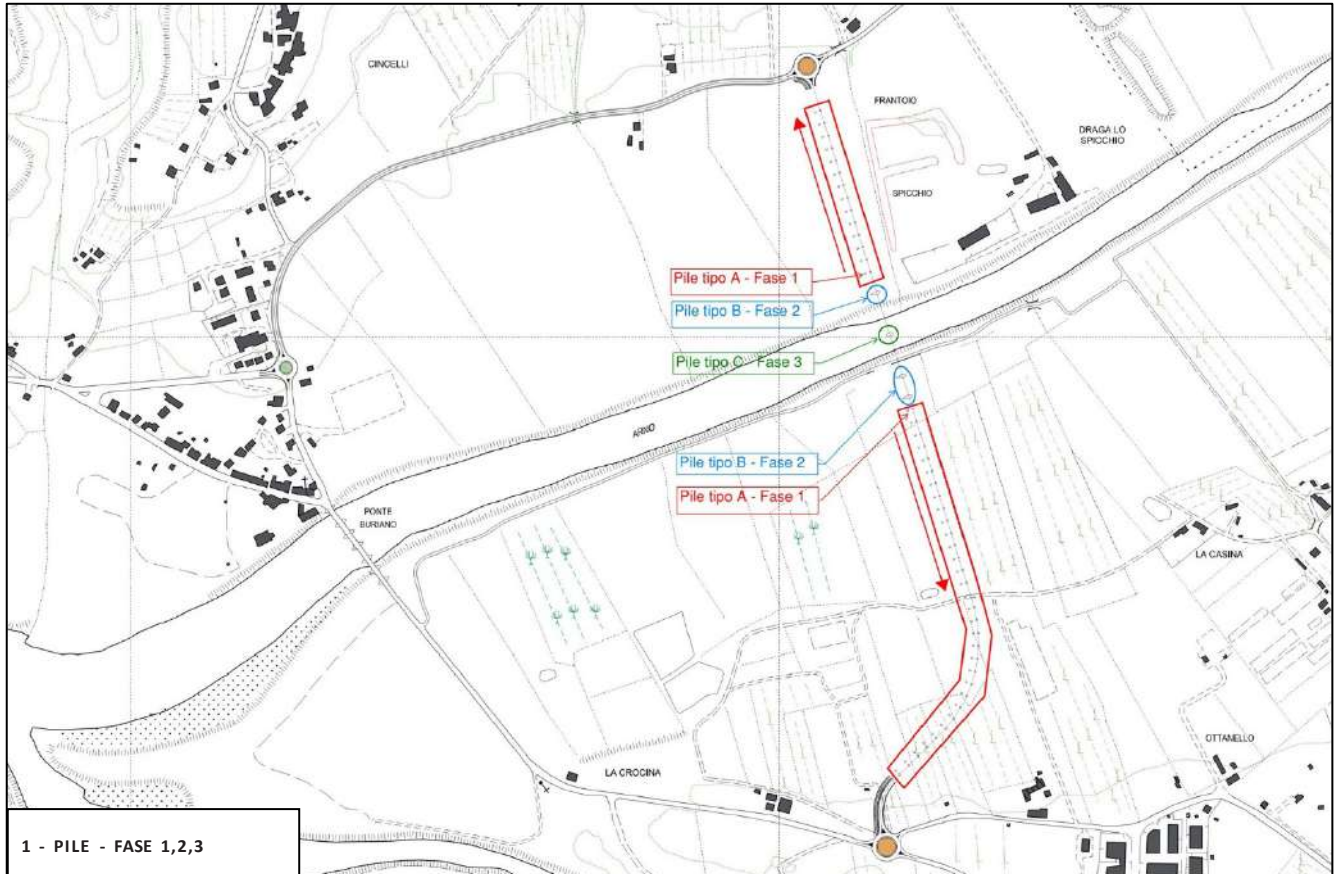
L'arenaria verde, austera e leggermente brutalista, ricopre la carreggiata e la corsia ciclabile.

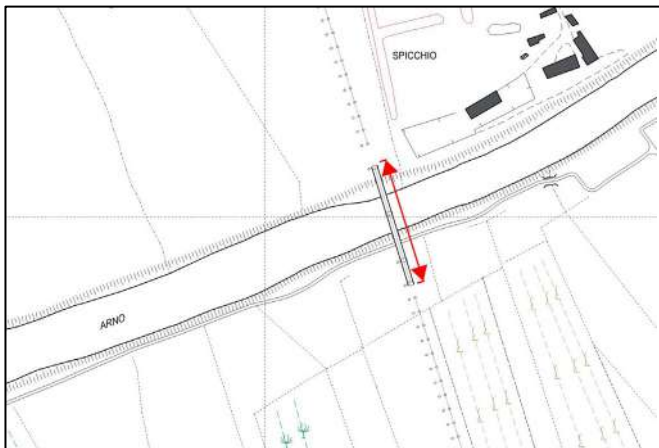
L'arenaria gialla dai toni delicati e leggeri, abbraccia la fascia pedonale ed il belvedere scandito dalla gradinata.



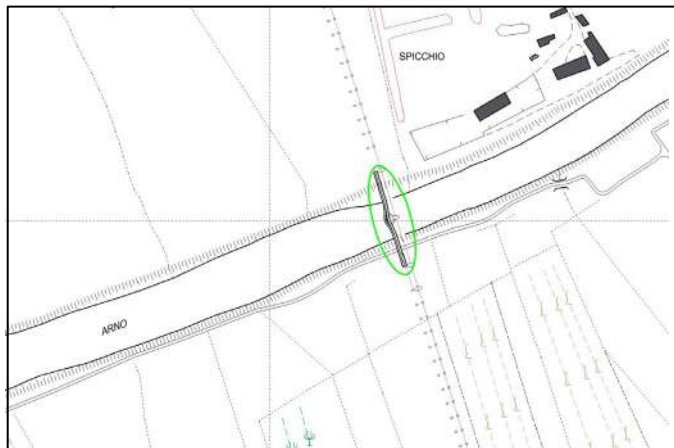
FASI

La prima fase prevede la creazione di accesso ai macchinari necessari agli scavi di infrastruttura e all'esecuzione del viadotto. Iniziando dagli argini per giungere fino alle rotonde che mettono in comunicazione le strade provinciali.

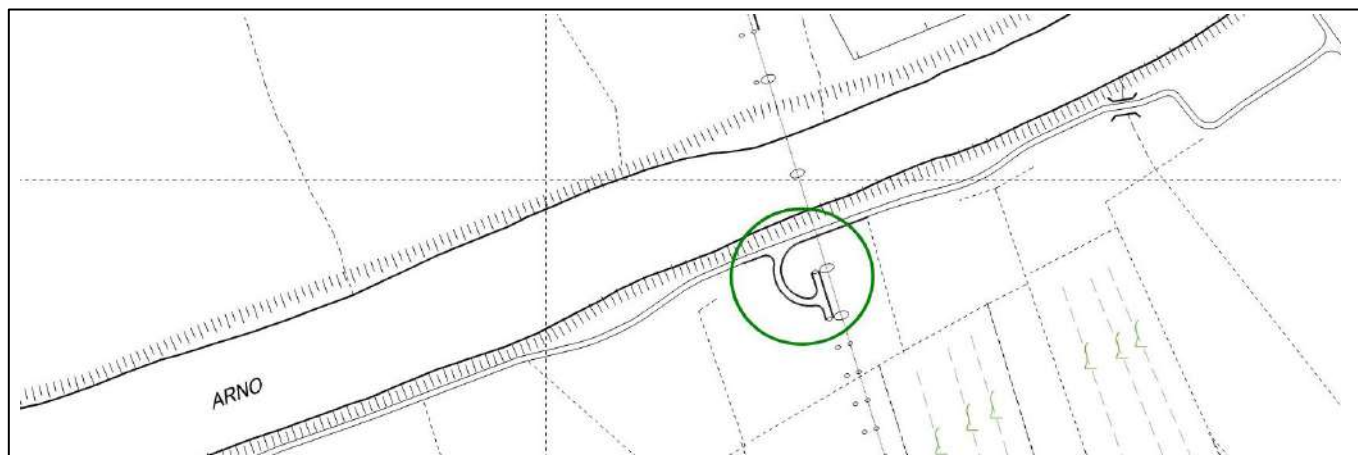




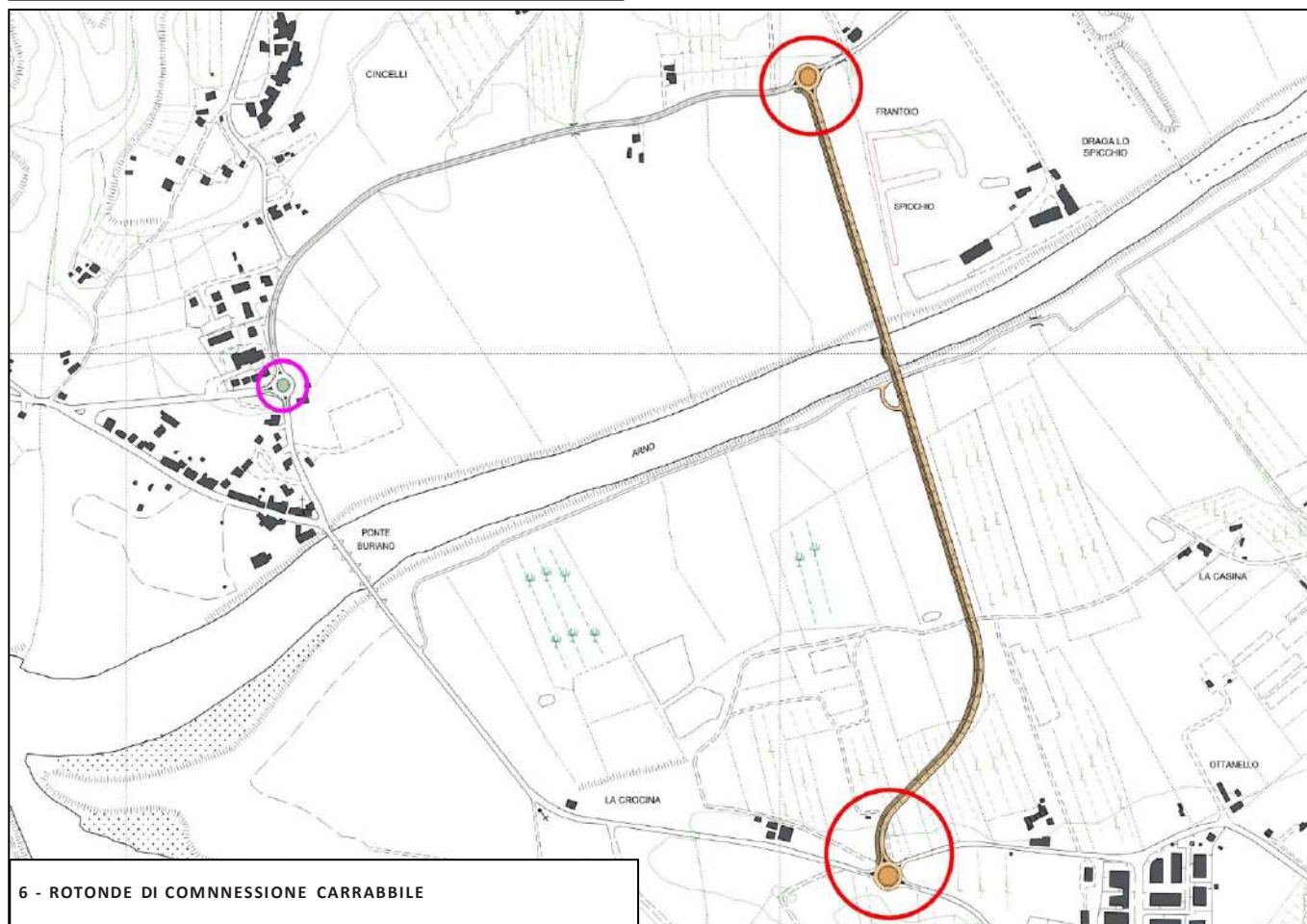
3 - CARREGGIATE - FASE SU PILE B, C



4 - CARREGGIATE - BELVEDERE



5 - RAMPA - ALLACCIO CICLABILE PEDONALE - BELVEDERE



6 - ROTONDE DI COMNNESSIONE CARRABILE

SOLUZIONE STRUTTURALE

PILE

Le pile sono interamente in cemento armato. La sezione ha una forma ellittica variabile che tende ad ingrossarsi verso l'alto per creare una continuità di curve con il guscio esterno dell'impalcato.

Le pile sono realizzate in-situ con l'ausilio di casseforme componibili a travi. Particolare cura sarà posta nei confronti della durabilità delle pile. Verrà scelto un opportuno mix design del calcestruzzo, con cementi adatti all'uso nell'ambiente di inserimento. La stessa attenzione verrà posta nella scelta adeguata del copriferro per evitare fenomeni di corrosione delle armature.

La soluzione che si propone per la costruzione del nuovo attraversamento sull'Arno è un ponte continuo isolato supportato su 50 pile di cui una prevista in alveo.

L'impalcato principale è una travata continua di lunghezza totale pari a 1150m e larghezza circa 11m, costituita da 47 campate come di seguito descritte:

- 43 campate in calcestruzzo da 20m
- 2 campate in calcestruzzo da 33.5m;
- 2 campate in calcestruzzo da 67m;

Inoltre è strutturalmente connessa all'impalcato principale, una passerella ciclo-pedonale che ripercorre simili principi strutturali del ponte carrabile. L'impalcato secondario largo circa 6.0m è una travata continua supportata su pile e con la campata centrale sostenuta dalla pila dell'impalcato principale per mezzo di 2 elementi a sbalzo.

Le pile, a sezione ellittica variabile in altezza a secondo i livelli di vallata, sono previste in cemento armato a cassaforma preparata su sagoma 3D printed in polistirolo, aiutando a creare l'effetto architettonico sinuoso e dinamico. La struttura dell'impalcato è prevista isolata rispetto alle pile, tramite l'impiego di isolatori.

IMPALCATI IN CALCESTRUZZO

Le campate sono tutte previste con sezione scatolare in C.A.P. con cavi post-tesi per rispettare l'aspirazione architettonica dell'opera.

Il minimo spessore della soletta superiore è governato principalmente dagli effetti di flessione trasversale dovuti ai carichi di traffico. Lo spessore minimo delle anime di circa 400 mm è richiesto per facilitare le operazioni di corretto betonaggio e l'uso di vibratori interni. Nella zona di transizione tra il fusto della pila e la sovrastruttura del ponte, le anime devono essere ispessite (500-800mm) per supportare le azioni di taglio e torsione.

La funzione della soletta inferiore in mezzera è di creare una sezione chiusa in torsione e lo spessore minimo richiesto è di circa 200-250mm. Un ispessimento della zona di raccordo tra la soletta inferiore e le anime è richiesto per garantire un corretto flusso del conglomerato cementizio durante il getto e per fornire spazio sufficiente per l'installazione dei cavi post-tesi.

In corrispondenza delle pile la soletta inferiore deve avere uno spessore compreso tra un minimo di 250 mm e un massimo di 500 mm per accomodare le compressioni longitudinali.

Nella posizione dei pilastri potrebbero essere necessari anche diaframmi verticali. Di seguito si riportano alcuni dati geometrici della struttura sopra descritta:

- Altezza massima tra l'intradosso del cassone e l'estradosso della soletta per l'impalcato principale è pari a 2.7 m;
- La larghezza della soletta è pari a circa 11m;
- Lo spessore complessivo previsto per la pavimentazione stradale è pari a 12 cm;

Considerando la ridotta superficie dell'impalcato del ponte e la volontà architettonica di una sezione dalle curve morbide e variabili, la costruzione in-situ è il metodo costruttivo proposto.

La luce massima del ponte (67m) permette di prendere in considerazione 3 potenziali metodologie costruttive:

- getto dell'impalcato su cassaforma supportata da opera provvisoria;
- costruzione per conci a sbalzi;
- costruzione per estrusione.

Il getto dell'impalcato può avvenire sia su cassaforma supportata da impalcatura di sostegno in aree facilmente accessibili, che da una centina autovarante in corrispondenza del letto del fiume, dove l'accesso può risultare più complesso. A causa della ridotta superficie (<10000m²) dove l'impiego di questa tecnologia è richiesto, risulta economicamente svantaggioso meccanizzare il processo di costruzione attraverso l'utilizzo di un casseforme accoppiate a centina autovarante.

Sulla base di quanto spiegato sopra, è opportuno considerare solo la realizzazione dell'impalcato in-situ con impalcatura di sostegno per le aree accessibili.

Per la costruzione delle campate centrali sovrastanti il fiume Arno può essere considerata sia la metodologia per conci a sbalzi che per estrusione.

Con il primo metodo di costruzione vengono realizzati segmenti di troncone gettati in opera uno dopo l'altro con l'utilizzo di una centina traslabile, cominciando dalle pile, in modo che la sovrastruttura viene costruita simmetricamente e simultaneamente da entrambi i lati della pila.

Il metodo per estrusione prevede che tronconi della sovrastruttura vengono realizzati su un'area situata a ridosso di una spalla, con casseforme stazionate su un'area attrezzata. Dopo il disarmo, l'impalcato si posiziona sui supporti scivolanti e con l'ausilio di meccanismi di spinta idraulici, viene traslato longitudinalmente, tramite martinetti idraulici, sulle pile già ultimate.

Per tutte le campate accessibili al di sotto dei 40m possono essere adottate lastre gettate in opera con rinforzo post-teso interno.

PASSERELLA PEDONALE

Il progetto e la costruzione della passerella segue gli stessi principi del ponte stradale. I suoi carichi sono notevolmente inferiori (quasi dimezzati) e quindi la trave scatolare post-tensionata viene ridotta di conseguenza.

L'impalcato del ponte prevede lo stesso numero di campate del ponte carrabile e la campata centrale che attraversa l'alveo del fiume è sostenuta dalla pila dell'impalcato principale, per mezzo di 2 elementi a sbalzo.

Il conseguente momento di ribaltamento in corrispondenza della pila centrale del ponte stradale è controbilanciato dall'incremento della forza assiale.



VALUTAZIONE PAESAGGISTICA E COMPATIBILITA' AMBIENTALE

Il progetto, che prevede interventi in aree vincolate ai sensi del D.Lgs. 42/2004 Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio, dovrà ottenere specifica autorizzazione paesaggistica.

Il paesaggio della Piana di Arezzo è caratterizzato principalmente dalle colline circostanti all'invaso, costituite da sedimenti fluvio-lacustri di età diversa, dalla cartiera di Ponte a Buriano fino a Rondine, l'Arno scorre incassato fra le rocce, mentre da Rondine alla Penna il fiume si allarga a costituire l'invaso della Penna. Il paesaggio vegetale è costituito da boschi di roverella, localizzati soprattutto nei versanti direttamente esposti verso l'invaso, da una esigua fascia arborea ripariale, da arbusteti, colture agrarie (situate soprattutto lungo la sponda sinistra dell'Arno) e da una vasta area palustre nella porzione orientale della Riserva di Ponte Buriano.



La complessità dell'inserimento di una infrastruttura quale il manufatto di un nuovo ponte all'interno di un ecosistema paesaggistico ambientale dell'alveo del fiume Arno richiederà uno studio ambientale approfondito a tutte le componenti quali aria, acqua, suolo, flora, fauna, paesaggio, con particolare attenzione alle reti ecologiche territoriali ed agli aspetti storico-paesistici quali l'appartenenza al quadro paesistico della Gioconda leonardesca.

Il lavoro verrà affrontato nella seconda fase del concorso mentre, in questo contesto, riteniamo importante lo studio paesistico preliminare di inserimento del nuovo ponte nel tracciato proposto, circa 855 m più a monte dell'attuale manufatto storico di carattere monumentale.



Da una prima ricostruzione di massima il nuovo progetto risulta poco visibile ed in armonia con il paesaggio circostante, senza impattare sulla vista prospettica leonardesca.

Il progetto del ponte segue criteri di compatibilità ambientale:

- Per migliorare l'integrazione con l'ecosistema fluviale parte del materiale di scavo sarà usato per la pigmentazione della superficie del nuovo manufatto
- La forma delle pile del fiume è stata ottimizzata per la massima affluenza idrica.
- I raccordi del fiume sono stati lasciati in rilievo per evitare di creare barriere nella parte agricola.



Fotoinserimento nella vista dal Ponte di Buriano.

Il tracciato stradale ottimizza al minimo gli impatti sul paesaggio agricolo, prevalente nella zona di interesse. I raccordi del fiume sono stati lasciati in rilievo per evitare di creare barriere nella parte agricola. La fauna locale non sarà così disturbata dall'andamento stradale. La vegetazione sotto il tracciato verrà attentamente valutata sia per mantenere l'area Verde sia per contribuire al mantenimento dei corridoi ecologici.

La pista ciclabile si collegherà al sistema integrato della "Ciclopista dell'Arno – Sentiero della Bonifica, tratto da Stia a Ponte Buriano", individuato tra quelli prioritari da parte della Regione Toscana.

La fase di cantiere andrà attentamente pianificata.

Attraverso interventi mirati e prefabbricazione leggera verranno interessati alcuni tratti delle sponde fluviali ed i campi agricoli dove verrà realizzato il tracciato stradale di raccordo.

A seguito della fine del cantiere, si prevede la sistemazione delle ripe fluviali, mediante rinaturalizzazione dell'area e piantumazione ad alto fusto quali salici, frassini ed ontani, che possano creare ombra soprattutto alla pista ciclabile.

La vegetazione verrà integrata seguendo la composizione spontanea che caratterizza gli argini del fiume.



LA NUOVA VIABILITA'

Gli obiettivi riportati nel Documento di indirizzo e che la scrivente si impegna a perseguire sono:

- Ottimizzazione, in termini sia di posizionamento che di assetto, le due rotatorie
- Riduzione al minimo le interferenze con la viabilità esistente,
- Miglioramento della funzionalità specifica delle rotatorie/intersezioni e la più efficiente articolazione della viabilità di collegamento con la nuova infrastruttura

Lo schema viabilistico proposto risponde alle esigenze di creazione di una viabilità alternativa a quella attuale che consenta un adeguata ricucitura con il reticolo viario esistente senza allungare troppo i percorsi e mantenendo condizioni di funzionalità ed efficienza per lo smaltimento dei flussi veicolari previsti.

La scrivente propone l'inserimento di tre intersezioni gestite a rotatoria opportunamente dimensionate secondo quanto previsto dal DM 19/04/2006 "Norme funzionali per la costruzione delle intersezioni" aventi diametro esterno rispettivamente da 35 m per l'intersezione in località Ponte Buriano, 40 m per la connessione tra la nuova viabilità e la strada provinciale dello spicchio e 44 m per la nuova rotatoria posta sulla SP 1 Sette Ponti.

Oltre alle prescrizioni del DM è stata condotta anche una verifica di compatibilità delle manovre tenendo conto degli effetti dinamici dovuti alla circolazione dei mezzi ritenuti più vincolanti ai fini delle manovre, in modo da verificare se, oltre al rispetto normativo venissero garantite condizioni di efficienza e sicurezza al momento dell'apertura al traffico e venissero verificati limiti di ingombro delle nuove intersezioni legati al consumo di territorio e al loro corretto posizionamento.

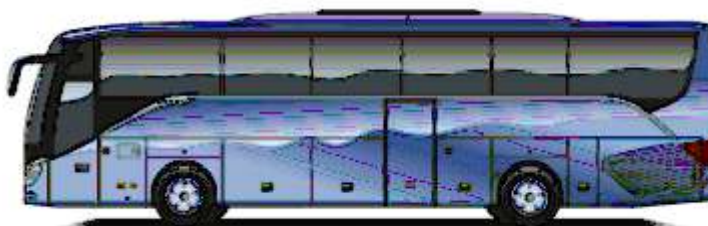
AUTOARTICOLATO:

Lunghezza complessiva L=16.50m
Larghezza complessiva L=2.55m
Raggio di sterzata muro muro L=12.50m
Tempo di sterzata completa 4s



DATI BUS:

Lunghezza complessiva L= 12.00m
Larghezza complessiva L=2.50m
Raggio di sterzata muro muro L=12.50m
Tempo di sterzata completa 4s



Veicoli adottati per la verifica di compatibilità delle manovre

Valutata la fattibilità tecnica, la scelta di inserire nodi di connessione gestiti a rotatoria in sostituzione di intersezioni tradizionali traggono origine dall'indiscusso miglioramento sia prestazionale dell'incrocio, sia a livello di qualità ambientale e paesaggistica. Quest'ultimo aspetto è legato agli effetti indotti sulla circolazione dalla regolazione a rotatoria dell'intersezione stessa e che in sintesi possono essere così riassunti:

- **Diminuzione delle velocità di approccio all'incrocio;**
- **Fluidificazione della circolazione con riduzione al minimo dei fenomeni di "stop and go" tipici delle intersezioni lineari;**
- **Riduzione delle emissioni dei gas di scarico (minor inquinamento atmosferico);**
- **Riduzione delle emissioni sonore (minor inquinamento acustico);**
- **Introduzione di aree verdi lungo il nastro stradale.**

In particolare dal primo punto (diminuzione delle velocità di approccio all'incrocio) derivano un po' tutti gli altri e l'attendibilità di questo pregio è confermata da numerose esperienze condotte sia a livello nazionale che internazionale. Già da alcuni anni è ormai noto il ruolo delle intersezioni a circolazione rotatoria come strumenti per la moderazione delle velocità veicolari. Al di là dell'aspetto, comunque prioritario, della sicurezza, l'inserimento di una rotatoria garantisce anche vantaggi di tipo ambientale con particolare riferimento alle al pregio delle aree interessate dall'intervento: la velocità moderata dei veicoli ed una guida che non comporta brusche frenate e accelerazioni, porta ad una riduzione dell'inquinamento acustico, così come l'assenza di incolonnamenti di auto derivante dalla maggior fluidità del traffico, si traduce in minori consumi di carburante e quindi in una ridotta emissione di agenti inquinanti.

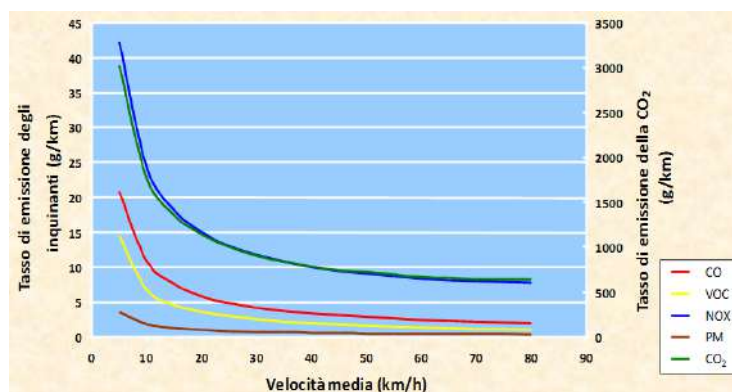


Diagramma che mostra la riduzione del Tasso di emissione degli inquinanti all'aumentare della Velocità media dei veicoli. Si noti l'aumento esponenziale delle emissioni in presenza di una Velocità media molto ridotta, tipica delle intersezioni lineari tradizionali.

In merito alla mitigazione delle emissioni sonore nel caso di intersezioni a rotatoria, numerose campagne di rilevamenti acustici condotte a livello nazionale e internazionale su una serie di intersezioni presenti in ambito urbano-suburbano trasformate in rotatoria hanno messo in evidenza come, rispetto alle tradizionali intersezioni lineari, le rotatorie inducano statisticamente una riduzione delle emissioni sonore mediamente compresa nell'intervallo di 3 - 4 dB (**deciBel**).

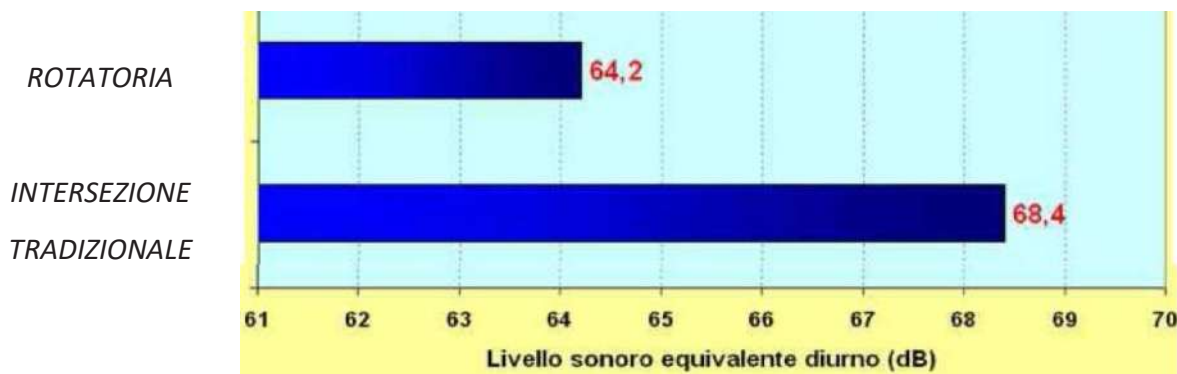
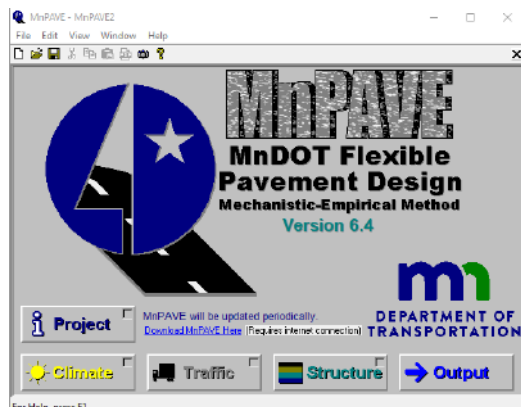


Diagramma che mostra la riduzione media delle emissioni sonore

Ricordando che un incremento (o un decremento) di 3 dB del rumore corrisponde ad un raddoppio (o a un dimezzamento) degli effetti di una qualunque sorgente sonora, si capisce che, dal punto di vista della produzione di rumore da parte del traffico veicolare (assimilabile ad una sorgente sonora fluttuante), le rotatorie hanno un effetto mitigatore sonoro più che doppio rispetto alle altre tipologie di incrocio.

Per quanto riguarda **la riduzione delle interferenze con la viabilità esistente** già in questa fase è stata valutata la possibilità di pianificare il processo di cantierizzazione che governa la fase realizzativa delle opere, da ritenersi fondamentale per evitare di pregiudicare la fruizione del servizio da parte dell'utenza. A tal fine, si è avuta cura di verificare la possibilità di realizzazione in fasi tali che le lavorazioni non pregiudicassero la normale circolazione viaria attuale. Nel caso specifico della realizzazione delle rotatorie, tale assetto permette di mantenere sempre aperta la viabilità sulle tre intersezioni coinvolte durante tutto il periodo dei lavori seppur parzializzando il traffico, ma senza creare eccessivi disagi all'utenza.

In relazione al posizionamento e all'assetto delle nuove intersezioni un altro aspetto certamente importante e da non sottovalutare considerando il particolare pregio delle aree interessate dall'intervento, è legato all'introduzione di aree sistemabili a verde, sia sull'isola centrale sia sulle isole spartitraffico. Una sistemazione a verde ben realizzata può consentire la valorizzazione di un luogo altrimenti "crudo" come un'arteria stradale, armonizzandolo con l'ambiente circostante e, specialmente nel caso in esame, all'enfatizzazione del Ponte Buriano, rappresentando una sorta di "biglietto da vista" per i luoghi e per il loro contesto storico.



Interfaccia del Software MnPave

Il progetto della nuova viabilità di raccordo alla nuova opera di attraversamento del fiume Arno dovrà necessariamente tenere conto di una percentuale di transito di mezzi pesanti non trascurabile. In questa condizione, i carichi indotti sulle pavimentazioni stradali risultano significativamente elevati e influiscono negativamente sulla durabilità nel corso dell'espletamento della vita utile delle opere. Per quanto detto la scrivente considera elemento centrale per ridurre al minimo gli oneri manutentivi e garantire al contempo durabilità e prestazioni, dimensionare i pacchetti di pavimentazione in maniera ottimale, già in fase di Progetto di Fattibilità Tecnica Economica dell'opera, secondo un approccio di analisi costi/benefici estesa a tutta la vita utile dell'infrastruttura. A tal scopo si potrà far riferimento allo **specifico software (MnPave, CIRCLY o simili) basato sull'analisi**

empirico-razionale che permetterà di stimare la vita utile del pacchetto stradale con riferimento ai fenomeni di fatica ed ormaiamento. Mediante tale software risulta possibile simulare i materiali effettivamente impiegabili in progetto a partire dalle caratteristiche intrinseche degli stessi, quali granulometrie, caratteristiche dei bitumi, prestazioni attese, anziché affidarsi esclusivamente a valori di moduli complessi e coefficiente di Poisson che, frequentemente, sono derivati da stime ed ipotesi sull'effettivo comportamento degli strati legati.

Per ottimizzare il dimensionamento delle pavimentazioni stradali, al fine di garantire sia prestazioni adeguate ai carichi previsti, sia una maggiore durabilità degli strati (sia superficiali che profondi), in sede di redazione del progetto verranno svolte analisi specifiche tarate su soluzioni di pacchetto stradale soggetto a traffico industriale (o promiscuo), sia in rilevato che in viadotto, sulla viabilità di accesso al nuovo viadotto e sulle intersezioni gestite a rotatoria per la ricucitura con il reticolo viario attuale archi/rotatorie di nuova realizzazione

Nelle more di eseguire le suddette analisi approfondite, anticipandole già alla fase di PFTE, la scrivente sin d'ora ritiene che per lo strato di usura, possa essere valutata, in generale, sia per pacchetti stradali soggetti a traffico urbano che industriale, su nuovi assi e nei rifacimenti stradali, l'impiego di **conglomerato bituminoso con polverino di gomma** proveniente da pneumatici fuori uso (PFU), conforme alla normativa ASTM D6114.

In accordo con la definizione data dall'ASTM (American Society for Testing and Materials), nella produzione del legante tipo Asphalt Rubber, il polverino di gomma, tipicamente in ragione del 20%, è miscelato ad alte temperature (190°C) al bitume naturale per almeno un'ora al fine di migliorarne le prestazioni. Durante questo processo, denominato "wet", le particelle di gomma assorbono e fissano la frazione maltenica del bitume e rigonfiano formando un gel bitume-gomma, incrementando in tal modo la viscosità del legante, con conseguente **riduzione della suscettibilità termica ed incremento della resistenza alla fatica ed all'accumulo di deformazioni permanenti**.

Questo materiale può quindi essere aggiunto agli aggregati lapidei come legante per il confezionamento di conglomerati bituminosi a caldo, di tipo aperto o semi-aperto, al fine di **ridurre le fessurazioni di riflessione, termiche e da fatica oltre ai fenomeni di ormaimento**.

La presenza delle particelle di gomma sulla superficie stradale consente anche di **migliorare l'aderenza tra pneumatico e strada** mentre la maggiore elasticità della miscela permette **l'attenuazione dei meccanismi vibratorii che generano il rumore di rotolamento degli pneumatici** dei veicoli in transito. L'impiego di asfalto confezionato con polverino di gomma offre inoltre i seguenti benefici in termini di funzionalità e durabilità:

- Maggiore resistenza alla fessurazione e all'ormaiamento;
- Elevata resistenza ai fenomeni di invecchiamento ed in generale ai processi ossidativi;
- Contributo fonoassorbente non trascurabile

Il bitume modificato con polverino di gomma consente quindi di ottenere pavimentazioni più performanti, migliorandone le caratteristiche funzionali e prestazionali, riducendone quindi anche i costi di manutenzione, e permette inoltre un impatto ambientale minimo, poiché vede il riutilizzo di materiali di scarto, ed un'elevata sostenibilità del progetto.

Per il **pacchetto stradale in viadotto** potrà essere inoltre valutata:

l'applicazione di **membrane impermeabilizzanti**, conformi alla normativa EN 14695-2010, per la protezione dell'impalcato cementizio da fenomeni corrosivi dovuti all'infiltrazione delle acque piovane e di altri agenti ambientali e chimici.

Per il **pacchetto stradale in rilevato**:

La scrivente prefigura la realizzazione di una **pavimentazione flessibile, adeguatamente dimensionata in relazione ai flussi veicolari previsti sui tratti a seguito dell'intervento**. L'impiego di conglomerato bituminoso additivato con polverino di gomma per lo strato di usura rende la pavimentazione più performante, inoltre, considerato il contesto urbano, determina una significativa attenuazione del rumore da rotolamento del traffico veicolare.



Figura 1 - Pacchetto di pavimentazione comprensivo di membrana impermeabilizzante

VALUTAZIONE ECONOMICA

Al fine di una valutazione economica dell'opera principale e di quelle accessorie è stata condotta una stima dei costi delle lavorazioni basata sui prezzi di riferimento approvati dalla Regione Toscana e sull'esperienza acquisita negli anni dalla realizzazione di opere di paragonabile rilevanza.

Dal "Documento di indirizzo alla progettazione" sono ricavabili gli importi previsti per la realizzazione delle varie opere riguardanti il bando e sono così suddivisi:

- A1) Spesa per la realizzazione del nuovo ponte comprese sistemazioni di inizio e fine;
- A2-A3) Spesa complessiva per la riorganizzazione della viabilità, incluso il collegamento del nuovo ponte alla viabilità esistente, la realizzazione di nuove intersezioni e l'adeguamento della viabilità esistente di cui è previsto il riutilizzo;

Il ponte principale è costituito da tre pile in c.a. delle quali una prevista nell'alveo; le campate sono due, di lunghezza pari a circa 67,00 m.

Parallelamente all'impalcato stradale corre una pista ciclabile e pedonale collegata a sbalzo per tutta la porzione del ponte principale.

I costi di realizzazione del nuovo ponte principale, da una prima stima eseguita, rientrano all'interno delle spese previste da bando di gara al punto A1.

Per quanto riguarda i punti A2-A3 nella proposta progettuale è prevista la realizzazione di tre nuove rotatorie, di cui due per il collegamento della nuova viabilità a quella esistente e una in prossimità di Ponte Buriano, a raccordo tra la S.P.1 e la S.P.56.

Per la strada provinciale dello Spicchio (S.P.56) è previsto l'adeguamento alle normative vigenti per i nuovi flussi veicolari previsti, comprensivo anche di opere d'arte necessarie per le variazioni plano-altimetriche richieste da normativa.

All'interno del progetto è stato inserito un raccordo tra la nuova viabilità Ciclo-pedonale e la "Ciclopista dell'Arno – Sentiero della Bonifica, tratto da Stia a Ponte Buriano" in prossimità del nuovo ponte.

La scelta progettuale di realizzare tre rotatorie per le intersezioni tra vecchia e nuova viabilità comporta un risparmio sulle spese dal punto di vista sia economico che funzionale, garantendo elevate prestazioni di sicurezza e un modesto onere manutentivo a breve e lungo termine, se paragonato con le classiche intersezioni semaforiche.

In seguito alle valutazioni effettuate sul rischio idraulico e per rispettare il franco idraulico, in accordo con le normative vigenti, è stata prevista la realizzazione di due viadotti per il collegamento del nuovo ponte principale alla viabilità esistente, sia per la pista Ciclabile e Pedonale che per la sede stradale.

I costi di gestione e manutenzione dei viadotti previsti e del ponte principale comporteranno la sorveglianza sistematica con più ispezioni durante l'anno operate da tecnici specializzati al fine di definire il grado di salute dell'opera, sia per quanto riguarda la sede stradale che per le strutture quali pile, impalcati, appoggi meccanici e tutti gli elementi maggiormente esposti ad usura.

Dalle analisi economiche effettuate è stato stimato che la realizzazione delle nuove intersezioni (rotatorie), i raccordi e l'adeguamento della viabilità esistente rientrano all'interno del budget previsto a base di gare per i punti A2-A3.

I viadotti di collegamento tra la viabilità esistente e il ponte principale, comportano un costo di realizzazione che difficilmente può essere coperto dall'importo stimato relativo ai lavori, indicato in "Tabella 1 – Quadro economico" per i punti A2-A3.