

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

CUP I 1 2 C 2 0 0 0 2 1 0 0 0 1 CIG 8 6 2 1 4 4 4 0 A 9

---

**RELAZIONE TECNICO - DESCRITTIVA**

## RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA

### 1. Caratteristiche tecniche delle strutture, delle infrastrutture viarie e degli impianti, descrizione delle soluzioni proposte, modalità di gestione e valutazione dei costi di gestione/manutenzione dell'intera infrastruttura.

#### 1.1 Caratteristiche della soluzione proposta: qualità tecnica e prestazionale dell'intera infrastruttura.

##### 1.1.1 La descrizione della soluzione progettuale proposta

La necessità di risolvere la problematica viabilistica, relativa al collegamento fra la Provincia di Arezzo e la zona del Valdarno Superiore, viene colta come opportunità, per il territorio contermini all'abitato di Ponte Buriano, di qualificazione e valorizzazione dei patrimoni storico e naturalistico presenti.

Riappropriarsi e celebrare l'opera dell'ingegno umano – Ponte Buriano – che da secoli attraversa l'Arno, valorizzare la presenza della Riserva Regionale di Ponte Buriano e Penna, riscoprire i luoghi come sedimenti di cultura e natura, che in passato sono stati di ispirazione ad artisti e letterati. Tale obiettivo diventa nella progettazione della variante alla SP n.1 il fine primario, sulla base del quale sono state operate le principali scelte progettuali e rispetto al quale la risoluzione del problema viabilistico si configura come un "mezzo" per arrivare allo scopo.

La variante alla S.P. n. 1 "Setteponti" costituisce quindi il nuovo attraversamento viabilistico dell'Arno.

Le scelte operate nella prima fase del concorso sono state ulteriormente verificate e confermate con alcuni approfondimenti significativi.

Partendo dall'intersezione a sud, si crea una nuova direttrice, che si sviluppa verso nord in un ambito prevalentemente agricolo – produttivo, essa supera l'alveo del fiume e prosegue verso la SP n. 56 "dello Spicchio" alla quale si innesta con un'intersezione a rotatoria.

Da qui, in direzione ovest verso l'abitato di Ponte Buriano, la strada provinciale dello Spicchio sarà oggetto di adeguamento, necessario sia ad accogliere il flusso del traffico proprio della SP n.1, sia funzionale a proseguire il tracciato ciclabile proveniente da Ponte Buriano.

Il tratto della SP n.1, non più soggetto alla percorrenza massiva degli utenti provenienti o destinati ad Arezzo, assume così un nuovo significato, divenendo luogo privilegiato per la mobilità lenta e sostenibile, nonché un tassello integrativo per la più ampia rete ciclopedonale che si è già sviluppata in quest'area.

L'atto progettuale si conferma così in armonia con la natura dei luoghi rispetto a molteplici aspetti: dal punto di vista morfologico, storico e naturalistico, al fine di cogliere gli elementi che meglio potessero consentire il radicamento dell'opera, nonché negli aspetti programmatici e di futuro assetto pianificatorio in modo da inserire i manufatti con coerenza e continuità di intenti.

Il risultato è stato un'opera costituita da un tracciato viario nuovo, un altro oggetto di adeguamento ed il nuovo ponte fortemente legati al contesto sia fisicamente che

concettualmente, resistendo alla fascinazione del desiderio di creare qualcosa di autocelebrativo ma avulso dal paesaggio.

La volontà di realizzare un'opera innovativa ha portato ad indagare in modo nuovo anche la fruibilità del ponte stesso.

Il ponte nasce come necessità di attraversamento pertanto la sua funzione si esprime a livello dell'impalcato che è "il luogo dell'attraversare".

Nella fase di approfondimento del progetto, si è pensato al modo di valorizzare anche lo spazio "sotto il ponte" mediante l'inserimento di una piccola piazza – area di sosta per il passaggio del percorso ciclopedonale che normalmente si configura come un luogo di abbandono, uno spazio di risulta. In questo senso il progetto, anche nei suoi dettagli, rimarca la volontà di realizzare un'opera che abbia un impatto positivo sia dal punto di vista ambientale che sociale.

Partendo dall'analisi delle caratteristiche degli argini dell'Arno nel punto di attraversamento si nota che da un lato l'argine è occupato dalla vegetazione, mentre l'altro argine è fruibile in quanto è presente un percorso lungofiume.

Da questo è nata l'idea di lavorare sulla qualità delle pile.

In particolare una pila viene trasformata e alla sua naturale funzione di appoggio/sostegno del ponte si unisce il ruolo di connettore con il passaggio ciclo-pedonale. La forma ad arco, le sedute integrate, che creano un punto di sosta per i fruitori, nonché il rivestimento con inerti fotoluminescenti, realizza una sorta di scultura identificativa del luogo. Uno spazio che conferma al visitatore il rapporto fra l'infrastruttura e il fiume sia durante il giorno che la notte quando, la tenue luminescenza della pila ad arco, evoca i piccoli bagliori delle lucciole estive.

L'utilizzo di elementi fotoluminescenti in diverse declinazioni, diventa un carattere distintivo e rappresentativo dell'intero intervento:

- utilizzato nel percorso turistico, definito "Percorso museale all'aperto", indica e unisce diversi punti di interesse;
- nel rivestimento della pila del ponte, che sottende il percorso arginale, diventa l'elemento di unione fra l'infrastruttura e il fiume;
- nella linea che sottende lateralmente il rivestimento del ponte appare come una curva luminescente che ne fa intravedere la presenza durante la notte.

Il senso di unitarietà e integrazione alle varie parti dell'opera è ulteriormente rafforzato dalla scelta di una luminescenza nei toni del verde/oro che ben si integra con il paesaggio, assumendo una connotazione di morbida evanescenza che peraltro richiama visivamente luci e colori che si possono trovare nelle opere pittoriche dei macchiaioli. In linea con questa citazione, con l'utilizzo sapiente di questo materiale, si vuole infatti definire delle "macchie di colore" che vanno a determinare forme e volumi con un contrasto di toni chiari e scuri.

Le scelte sopradescritte, che rappresentano un'evoluzione rispetto a quanto presentato nella prima fase del concorso, rispondono ad una tematica importante: ovvero la miglior definizione del rapporto

visivo dell'opera con il contesto e l'approfondimento dei temi legati all'impatto ambientale.

Lo sviluppo progettuale dello studio delle pile ha consentito di migliorare il rapporto fra la struttura del ponte e il suo immediato intorno, ossia il fiume e suoi argini, realizzando un'opera unica e dedicata al luogo in cui si inserisce.

La ricerca di un miglior rapporto con l'ambiente circostante, perseguendo sempre l'obiettivo di minimizzare l'uso di luce ed energia (limitato alle zone

dove per norma è necessario) ha confermato l'idea di connotare tutto ciò che fosse legato alla mobilità lenta, o in diretta relazione con l'ambiente naturale, con una luminescenza diffusa anch'essa naturale.

Gli altri elementi formali caratterizzanti, come l'andamento ondulatorio del nuovo ponte, i rilevati su cui passa la viabilità di progetto, sono confermati nella loro intrinseca qualità di inserimento dell'opera nel territorio in modo da realizzare un rapporto dialettico armonico senza prevaricare l'essenza dei luoghi attraversati.

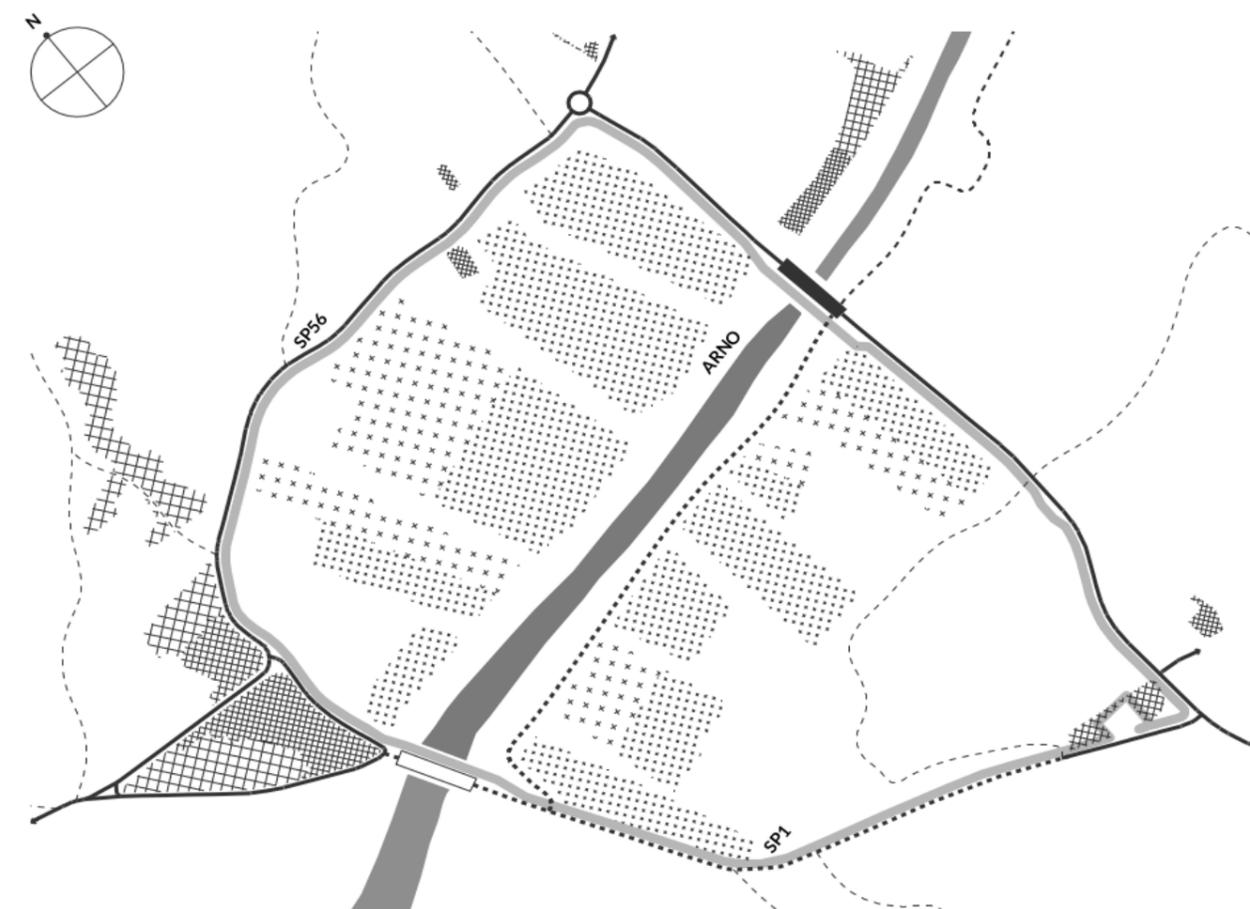


Figura 1 – Planimetria generale di progetto

### 1.1.2 Approccio metodologico delle soluzioni adottate

Lo studio del nuovo tracciato si è basato sull'attenta analisi dei dati trasportistici forniti con il Documento Preliminare alla Progettazione relativi ai volumi di traffico dai quali consegue la conferma della scelta della categoria C2 per la strada. L'ipotesi di tracciato indicata nel suddetto documento, rappresentata in un tratto planimetrico, è stata sviluppata sulla base dei dati altimetrici dell'area, dei vincoli presenti e delle eventuali interferenze quali gasdotto, linee aeree ecc...

I dati forniti lasciano quindi ampi margini di discrezionalità rispetto ai quali si è proceduto partendo proprio dalla *tavola 06 - Strumenti di Pianificazione* per ridefinire i limiti e le opportunità.

In primo luogo si è reso necessario determinare il rapporto con gli aspetti idraulici dell'area di intervento. Nel sopraccitato elaborato, facente parte dei documenti forniti dalla Stazione Appaltante, ed in particolare nello schema "B.22 Sistemi infrastrutturali tecnologici" con sovrapposizione degli interventi di progetto, sono state desunte le informazioni necessarie ad assumere il livello storico della massima piena di riferimento alla quota di 208,50 msm e a 210,00 msm quella, comprensiva di franco idraulico, alla quale porre l'intradosso del nuovo ponte e, di conseguenza, la correlata quota del piano stradale.

L'area attraversata dalla variante è individuata come *Area di pertinenza fluviale lungo gli affluenti verificata per casse di laminazione (Piano stralcio per la riduzione del rischio idraulico nel Bacino dell'Arno)*.

Ad oggi non è nota l'esistenza di un progetto per la realizzazione di tali casse di laminazione, pertanto l'opera pur non potendo integrarsi in un progetto idraulico più ampio, è stata studiata tenendo conto del livello di piena previsto ed in modo da non collidere con eventuali future progettazioni.

L'analisi delle intersezioni veicolari con la SP n. 1 e la SP n. 56 ha portato a confermare la scelta dell'intersezione a rotatoria a nord, mentre, a sud, l'ipotesi a base concorso è stata modificata proponendo due intersezioni con immissione a precedenza.

Questa scelta, che sarà ampiamente argomentata nel paragrafo specifico, comporta in primo luogo l'assegnazione di una gerarchia ai diversi assi stradali, in secondo luogo migliora il rapporto con le aree soggette a vincolo sulle quali insisteva la rotatoria a sud indicata nel DPP (soggetta a vincolo ai sensi del *D.Lsg 42/2004, art. 142 Lett. B – territori contermini ai laghi*). La posizione del tracciato ha anche tenuto conto della mappa catastale e dei confini dei lotti agricoli al fine di minimizzare la frammentazione delle proprietà.

L'ultima intersezione, quella che riporta la SP n. 56 sulla SP n. 1 è caratterizzata dalla localizzazione all'interno del nucleo abitato di Ponte Buriano. Anche in questo caso sono state valutate tre diverse alternative al fine di ottenere il miglior risultato in merito alla funzionalità, alla sicurezza, all'uso del suolo ed alla fattibilità anche in relazione al minor impatto con la viabilità durante la realizzazione delle opere. Si è ritenuto di mantenere l'intersezione lavorando sull'inserimento di attraversamenti pedonali con isola centrale per indurre il

guidatore al naturale rallentamento dell'andatura dei veicoli in marcia. Anche in questo caso viene resa facilmente percepibile la gerarchia delle strade ed evidenziato l'accesso al tratto che prosegue per il Ponte della Vittoria.

Il ponte si configura come un ponte a 5 campate 25-35-70-35-25 m. L'ampiezza della campata centrale consente di non avere le pile in alveo e quindi la struttura non interferisce con il corso del fiume.

La scelta di realizzare 5 campate è frutto della migliore configurazione statica e della possibilità di ottimizzare il raccordo altimetrico con i tratti stradali prima e dopo il ponte. La necessità di porre l'intradosso del ponte ad una quota di sicurezza pari a 210 msm, considerando l'altezza della struttura dell'impalcato, ha portato la quota del piano stradale al valore massimo di 213,30 msm.

Il raccordo altimetrico tra la quota del piano stradale e la quota del tracciato in rilevato si è manifestato subito come un tema progettuale di particolare importanza.

In una prima ipotesi, dove il ponte era stato pensato con tre campate, la necessità di raccordo altimetrico avrebbe portato l'altezza dei rilevati, in prossimità delle spalle del ponte, fino ad una quota di circa 7 m. Un rilevato siffatto, oltre ad avere un impatto visivo evidente, avrebbe comportato un significativo aggravio delle lavorazioni e degli impatti ambientali causati dai notevoli volumi di terra da movimentare.

Una maggiore estensione del ponte e, parallelamente, la realizzazione sull'asse longitudinale del ponte stesso di una monta in mezzera di circa 2,20 m rispetto alle spalle, ha consentito di ridurre la dimensione e la lunghezza dei rilevati e migliorare il raccordo altimetrico con le strade contribuendo altresì ad una complessiva maggior leggerezza di tutto l'impianto, in assonanza con il principio di "trasparenza" su cui si fonda la filosofia figurativa del ponte stesso.

*"Entro dei ponti tuoi multicolori  
L'Arno presago quietamente arena  
E in riflessi tranquilli frange appena  
Archi severi tra sfiorir di fiori."*

*Dino Campana, Canti Orfici 1913*



Figura 2 – Vista del nuovo ponte, Ponte Buriano sullo sfondo

### 1.1.3 Il nuovo ponte sull'Arno

#### La forma dell'assenza

Scompare, annullarsi, dissolversi nell'ambiente circostante per essere un tutt'uno con esso. È proprio a partire da tale modalità dell'opera d'entrare a far parte del paesaggio che derivano tutte le scelte progettuali adottate per la realizzazione del Nuovo Ponte Buriano sull'Arno, come anche delle opere di rinterro che lo raccordano alla viabilità esistente.

Un modo di porsi, quello che fisicamente si traduce nell'offrire una immagine del Nuovo Ponte immateriale e diafana, che ad un giudizio affrettato e prevenuto potrebbe essere considerato meramente strategico, dettato dal timore di non apparire in sintonia con i principi ambientalisti che negli ultimi anni (per altro a ragione) orientano la cultura architettonica, ma che in realtà, nel suo attuarsi e nel suo prendere forma si rivela per quel che effettivamente soprattutto è: l'espressione compiuta di una prepotente, quanto ponderata e tutt'altro che difensiva, volontà figurativa.

Tutte le scelte di carattere morfologico, materico, tecnologico e quindi strutturale adottate nel progettare il Nuovo Ponte, hanno pertanto come obiettivo la realizzazione di un'opera che entri a far parte dell'ambiente naturale, sia nello sviluppo dell'impalcato che nelle pile d'appoggio, in modo discreto e adattivo: "la forma dell'assenza", appunto, o, se vogliamo, "il ponte che non c'è" e nei punti in cui è "presente" dialogante.

Le relazioni che l'opera instaura con il luogo, quindi, non si limitano al suo "non essere". Oltre al "mimetismo", che comunque è il principio fondante della nuova struttura, vi sono infatti anche le relazioni di scala ravvicinata, di dialogo serrato con l'area fluviale. In una condizione che solitamente è di scarsa rilevanza in zone rurali ma che nel nostro caso, data la presenza della pista ciclabile, diviene essenziale, sia per la visione dissimetrica che si ha dell'opera che per la prossimità che con essa si raggiunge.

Un approccio, quello dell'essere e dell'inserirsi dell'opera nello spazio naturale in modo variabile e adattivo, che poi, con un pizzico di presunzione e, vista l'eccezionalità del riferimento da noi assunto, anche con il dovuto rispetto, potremmo definire "leonardesco". Il processo di condivisione con la produzione del Maestro Toscano si compie, però, attraverso uno scarto logico e non con la semplice adozione degli elementi di contiguità tematica.

Della vasta opera di Leonardo, infatti, non abbiamo preso in considerazione quanto da Lui elaborato in campo scientifico e, tantomeno, sviluppato nei settori dell'ingegneria militare e civile. Ciò perché è proprio l'essenza di questi ambiti di ricerca, i più affini al nostro tema progettuale che, paradossalmente, ne impedisce l'utilizzo. La prossimità disciplinare, nei fatti, rende asfittico, sterile, soggetto al solo processo imitativo e pertanto incongruo, il lascito figurativo di cui, peraltro senza veli, sono portatori. Ma non solo, perché nel nostro caso, chiudendosi in sé stesso, relegandosi nel linguaggio disciplinare, ci si allontana dalla complessa visione del mondo che è propria di Leonardo.

E così, più ambiziosamente, abbiamo rivolto lo sguardo alla sfera "lirica", diciamo pure "filosofica", e per alcuni

versi perfino "etica", del pensiero leonardesco. In breve, la nostra strategia d'intervento è, con i limiti del caso, armonica all'idea metafisica che il Genio Toscano ha del rapporto esistente tra uomo e natura. In altri termini, e semplificando anche a costo di risultare ingenui, o peggio ancora arroganti, il nostro obiettivo è quello di tradurre in forma architettonica quanto da Leonardo elaborato e sperimentato in campo pittorico. Potremmo dire, in ultimo, che abbiamo lavorato con l'obiettivo di convertire il dato tecnico e scientifico del realizzare un'opera d'ingegneria, in un processo che produce emozioni, in una azione che genera atmosfere.

Ed è così che i volumi e gli oggetti, come le figure pinte da Leonardo, vanno in dissolvenza, e i loro profili, anche quando i corpi sono esposti ad una luce meridiana e spietata, risultano evanescenti, morbidi, tremuli e avvolti in modo persistente in un chiarore nebbioso e diafano. Ma allo stesso tempo, e qui il collegamento con il pensiero di Leonardo si esprime con ancor maggiore precisione e ampiezza, i manufatti, nel proporsi e nell'entrare a far parte della scena naturale, lo fanno da protagonisti, mantenendo comunque e sempre un corpo interiore solido e una forma ben definita, tutt'altro che confusa e sfumata, come viceversa lo è il loro palesarsi.

Il nostro progetto, quindi, si colloca nell'ambiente del bacino dell'Arno, sia nell'impalcato che nelle pile, in modo polimorfo e, pertanto, con un atteggiamento di umana complessità. Ma forse, nella circostanza, visti i riferimenti leonardeschi adottati, sarebbe più corretto dire che le forme e i volumi del nostro progetto entrano in giuoco con umanistica e rinascimentale sapienza.

La rarefazione della forma (che lo ribadiamo da noi è intesa come un preciso modo di porsi dei corpi nello spazio, come anche del loro stare sotto la luce naturale) è al contempo una caratteristica fisica intrinseca del territorio interessato dalla realizzazione del Nuovo Ponte. E questo, evidentemente, è un dato fondamentale nello sviluppo del progetto, è un aspetto che gli conferisce ancor più senso.

Da una semplice, per nulla sofisticata lettura del territorio interessato dal nostro intervento, emerge con chiarezza una morfologia dominata dall'andamento piano, da una giacitura orizzontale dei suoli. Il profilo del paesaggio, al più, presenta delle leggere ondulazioni, e soltanto in pochi punti è reso accidentato dalle emergenze dovute alle attività e alle presenze antropiche. Appare chiaro, infatti, che il millenario e incessante lavoro dell'uomo ha sì modificato la "pelle" dell'ambiente, ma non al punto d'alterarne il carattere. Anzi, al contrario, è avvenuto che le "incrostazioni" dei centri urbani e le "pettinature" dei campi coltivati, non hanno fatto altro che assecondare la natura del luogo, lo hanno reso soltanto più "domestico".

C'è, pertanto, un'evidente consustanzialità, che rasenta la simbiosi, tra il linguaggio figurativo contenuto nel DNA del bacino dell'Arno e il lessico formale che fino ad oggi ha governato le modalità d'insediarsi dell'uomo. Modo di porsi, questo, che avviene anche per l'assetto e l'aspetto delle nuove infrastrutture, sia nel tratto in cui queste attraversano l'alveo dell'Arno, che in quelli nei quali, con pile, rinterri e colline artificiali, si raccorda al suolo e alla viabilità esistente.

D'altronde è esattamente quello dell'andare in piano e in modo pacato il lascito formale che ci giunge anche dalla

opera d'architettura di maggior pregio presente in zona. Ci riferiamo, come è ovvio, allo sviluppo delle arcate a sesto ribassato che caratterizza la struttura del Vecchio Ponte Buriano. Una architettura, quella realizzata in epoca medioevale, con cui, al pari dei dati morfologici che come detto caratterizzano il territorio, e seppure ancora una volta in termini dialettici, occorre rapportarsi e, nello sviluppo del progetto, fare riferimento. Così, al ritmo deciso e severo che scandisce l'avanzare in acqua del manufatto storico, fa da contrappunto lo stendersi nel vuoto, e il procedere di slancio, del nuovo impalcato, come, nello sviluppo ad arco di una delle quattro pile che lo sorreggono.

In principio, quindi, c'è il Vecchio Ponte Buriano, che con fare perentorio e con passo regolare affonda i suoi massicci piloni nell'alveo dell'Arno, e poi, a qualche centinaio di metri, oltre una leggera ansa del fiume, c'è il Nuovo Ponte, che nello spingersi in modo aereo da una sponda all'altra del corso d'acqua, lo fa d'un sol balzo e con una leggera monta che ne accentua la levità e l'agilità della falcata. Per poi, una volta raggiunte e superate le sponde, con appoggi snelli e, come detto, diversi, sempre più ravvicinati, e con arcate viepiù corte, riprendere fiato e rallentare il suo andare, per poi, in fine, approdare e saldarsi alle spalle del Ponte, e quindi allontanarsi lungo i terrapieni.

Ma diversi (e ciò è prerogativa di qualsiasi architettura che abbia la pretesa d'essere di qualità) sono i modi con cui è possibile descrivere la natura e lo stare dell'opera nello spazio, e quindi ciò vale anche per il Nuovo Ponte Buriano. E tra le tante modalità con le quali è possibile raccontarne la natura (ci sia concessa una digressione lirica) c'è anche quella "poetica" che lo collega all'idea della policromia dei ponti dell'Arno descritta da Dino Campana nei suoi Canti

Orfici. Anche nel nostro progetto, quindi, la nota "lirica" del "multicolore" è presente ed è parte integrante del suo essere. Ma ancora una volta, come per altro avviene nei riguardi dell'opera di Leonardo, l'assonanza al riferimento preso in considerazione l'abbiamo trovata ed espressa in altro modo. Non con una riproposizione diretta e consequenziale, in breve imitativa del lessico figurativo originale, ma compiendo l'ennesimo scarto linguistico, trovando, cioè, una diversa modalità per ottenere la policromia. Una strategia figurativa, quella da noi adottata, che se in apparenza ci allontana dalla tradizione, in realtà, proprio per questo suo essere "diversa" e "distante", per il suo ottenere lo stesso effetto per altra via, con altro linguaggio, è la sola che è in grado di creare un'opera che possa a pieno titolo entrare a far parte del più vasto racconto dell'architettura, e che sia l'ennesima tappa dell'infinito e sostanzialmente immutabile ciclo del riprodursi e del riproporsi delle forme.

Nel nostro caso, quindi, la policromia è ottenuta attraverso un processo figurativo di rifrazione multiforme e dinamico. Un fenomeno ottico, quello da noi messo in opera, che con il suo continuo mutare implementa la forza espressiva e l'imprevedibilità figurativa dell'opera. Una risposta "multicolore", quella offerta dal Nuovo Ponte Buriano, che, pertanto, non appartiene al manufatto in sé, per intenderci al pigmento di finitura che lo *involuca*, ma alla capacità che questo possiede di specchiare tutto ciò che gli si trova intorno, che a varie distanze lo cinge e che amorevolmente lo tiene sotto assedio.

È la policromia dell'ambiente in cui si trova il Nuovo Ponte Buriano, quindi, che di volta in volta, e sempre in modo sorprendente, rende il manufatto "multicolore" e cangiante. Così, in una sequenza del tutto casuale, e che miracolosamente si ripete all'infinito (cosa questa che può

accadere soltanto a ciò che senza filtri intermedi si trova esposto alle bizzarrie dell'ambiente esterno) l'opera d'architettura ci restituisce tutte le gradazioni colorimetriche che sono patrimonio d'altri, nel nostro caso della natura. Così la scala degli azzurri del cielo si alterna a quella dei grigi delle nuvole, il verde intenso delle macchie boschive fa da sfondo ai gialli e ai verdi tenui dei campi coltivati, mentre i riflessi metallici delle acque dell'Arno stanno lì in continuo movimento a moltiplicare all'infinito le *nuances* che vi si rifrangono.

La policromia del Nuovo Ponte, poi, viene implementata in modo esponenziale dal continuo mutare delle condizioni ambientali: dalla luminosità del cielo, dall'alternarsi del giorno e della notte e dal divenire delle stagioni. Insomma, a farla breve è l'insieme di tutto ciò che è al di là del potere umano che rende l'opera d'ingegneria "*multicolore*", e che infine, e questo è il nostro principale obiettivo, la dissolve, insieme ai lasciti di Campana e Leonardo, nel paesaggio, nel bacino dell'Arno.

Oltre al già descritto potere di rifrazione delle superfici che lo rivestono, sono lo sviluppo per onde che si specchiano lungo l'asse longitudinale della carreggiata e la conformazione plastica e varia delle pile d'appoggio che conformano l'assetto morfologico del Nuovo Ponte Buriano, che fanno sì che il manufatto entri, oltre che cromaticamente, anche fisicamente e in modo adattivo nello skyline del paesaggio vallivo. L'andare curvilineo del profilo delle strutture orizzontali e verticali, che come detto fanno sì che l'opera si dissolva nell'ambiente, non impedisce, comunque, al manufatto di acquisire una forte identità figurativa. Così, al pari del Vecchio Ponte Buriano, la nuova infrastruttura è destinata a divenire una delle immagini iconiche di questa porzione del territorio aretino.

Ma, ribaltando il punto d'osservazione, si scopre che il respiro figurato a onde dell'infrastruttura genera anche, in coloro che l'attraversano, la sensazione fisica del procedere dinamico che è proprio di chi si sposta lungo un'arteria carrabile. Una condizione, questa, che ancora una volta, è ben diversa da quella che viene offerta a chi si muove lungo il Vecchio Ponte Buriano. Quest'ultimo, infatti, destinato com'è a essere sedime del circuito ciclopedonale, consentendo una visione lenta, diciamo pure "pacata" e "contemplativa" del paesaggio. Mentre la nuova arteria stradale, sia nel tratto in cui questa si sviluppa su pile, che in quella nella quale insiste sui terrapieni, con le sue "onde" metalliche e le sue "colline" verdi, regalerà a coloro che lo attraverseranno una percezione dell'intorno, che avviene per flash, per istantanee, con un susseguirsi di fugaci apparizioni. Bisogna considerare, infatti, che i campi coltivati, i boschi, i monti in lontananza e lo stesso Vecchio Ponte Buriano, sono percepibili dalla nuova infrastruttura con una visione tipica data dalla velocità di percorrenza che è propria dell'arteria stradale.

Questo modo di attraversare lo spazio a diverse velocità, si rispecchia nella forma del manufatto. L'andare leggiadro dell'impalcato del ponte, infatti, viene accompagnato e supportato da un sistema di pile che in modo dinamico e differenziato (una pila ad arco ribassato e tre a tronco di cono rovesciato) lo collegano al suolo. Quindi, è sempre la puntuale lettura delle condizioni specifiche dei luoghi, del loro diverso andare figurativo, che detta le linee guida del progetto. Così la presenza dell'intersezione tra ponte carrabile e pista ciclopedonale diviene fattore di sviluppo

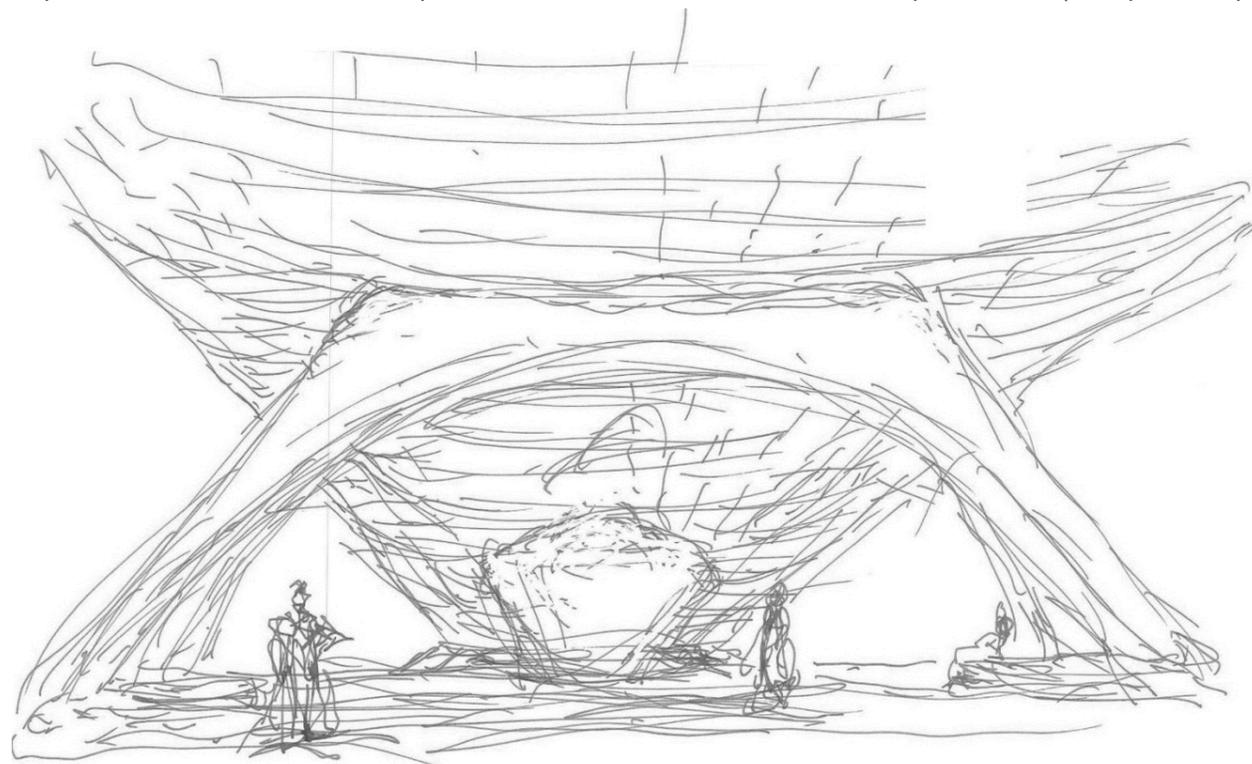


Figura 3 – Schizzo dell'idea di progetto per la pila ad arco

di un differente, più iconico, attacco a terra. Il sottopasso, che storicamente è considerato un luogo critico, dove in genere il degrado ambientale e il pericolo sociale raggiungono i più alti livelli, diviene nel nostro progetto uno spazio accogliente e sicuro, un luogo di sosta, per coloro che percorrono la pista ciclopedonale e che in canoa risalgono e discendono l'Arno. Un ambiente, quello del sottopasso, composto da elementi d'architettura (la pila ad arco) e d'arredo (le panchine). In breve, quello che si viene a creare è un luogo nel quale fermarsi per riposare all'ombra del ponte e godere, attraverso l'inquadratura creata dall'arco ribassato della pila, dello spettacolo dell'Arno e della infrastruttura che lo sovrastano e vi si rispecchiano. Il sottopasso diviene, così una tappa obbligata per coloro che a piedi, in bici o con la canoa percorrono le diverse vie. La pila ad arco ribassato, poi, rivestita com'è di inerti luminescenti che la sera restituiscono in modo discreto e via via più flebile la luce accumulata durante il giorno, al crepuscolo e nelle prime ore della notte rischiarano l'ambiente e diviene un segno incantato, ma comunque anch'esso sobrio, nel paesaggio serale del "lungarno".

L'attenzione al luogo, la ricerca non banale del corretto inserimento dell'infrastruttura nell'ambiente che la circonda, e che come abbiamo detto nel nostro progetto si sviluppa in modo articolato, su differenti scale e con diverse strategie insediative, ha governato ogni aspetto del progetto. Dalle soluzioni formali a quelle legate ai materiali impiegati. Così forme nuove e antiche, materiali tradizionali e innovativi, convivono e sono presenti in un organismo unitario, in un "oggetto" che comunque, e ciò è fondamentale, si offre a una infinità di letture e a una articolata modalità d'uso.

In conclusione, semplificando, e quindi con una espressione non del tutto corretta ma che sicuramente è efficace, potremmo dire che la viabilità di progetto, il Ponte, con le sue flessuosità, e le pile, con il loro variare, sono espressione compiuta della modernità. Mentre, se volessimo adoperare un termine più corretto e che è proprio del processo creativo, possiamo dire che nel loro insieme le nuove opere sono *nella contemporaneità*. Cosa, questa, che avviene quando le architetture, e tale è il nostro obiettivo, possiedono il dono dell'atemporalità, e quindi, appunto, dell'essere nel "contempo".

## 1.2 IL PONTE: caratteristiche architettoniche, strutturali e impiantistiche.

### 1.2.1 Qualità architettonica

Le caratteristiche distintive del Nuovo Ponte sull'Arno risiedono nell'aspetto formale definito dalle onde del profilo, dalla proprietà riflettente della sua superficie e dalla conformazione plastica delle pile che lo collegano al suolo.

Di tali tre elementi, che con ruoli differenti mettono in relazione il ponte con il fiume e con le sue sponde, è stata data ampia argomentazione di significato in premessa.

Nello specifico del progetto, per ciò che riguarda l'immagine del ponte, l'effetto voluto viene realizzato con una sorta di "guscio" che avvolge la struttura resistente dell'impalcato. Il guscio, poi, nella sua interezza, appare "tagliato" orizzontalmente in corrispondenza della linea mediana. Tale effetto è dovuto ad una interruzione del rivestimento che realizza uno scanso.

Il gioco di riflessi cromatici, che contribuisce a dare "trasparenza" e "assenza" al ponte e che ne favorisce l'inserimento paesaggistico, diventa duplice guardando il prospetto proprio in relazione al taglio sulla linea mediana. Il gioco di riflessi è infatti quello che si crea nel rapporto fra un'opera ed il suo riflesso quando questa insiste su una superficie d'acqua. La linea mediana del Nuovo Ponte rappresenta essa stessa il confine fra il cielo e l'acqua rimandando sopra e sotto un'immagine e la sua speculare.

All'interno dello scanso è collocata una fascia in materiale fotoluminescente. Alla scelta fatta in prima fase del concorso sono seguiti gli approfondimenti, sia tecnici che concettuali, su alcune specifiche tematiche. In merito all'illuminazione, come precedentemente descritto, si è voluto abbassare ulteriormente "l'asticella" dell'impatto luminoso previsto con la realizzazione dell'opera ripensando anche alla funzione della luce (LED) di cui si prevedeva l'utilizzo e la conseguente funzione.

Ne consegue un'analisi precisa di quanto è "necessario" per ottemperare alla norma di riferimento sull'illuminazione stradale, di quanto è "buona prassi", ancorché non imposto dalla norma, ovvero opportuno per motivi di fruizione in condizioni di massima sicurezza dell'opera, rispetto a tutto quello che, di converso, trae dall'illuminazione un "effetto scenico" funzionale a indicare la propria presenza e non utile ad illuminare l'intorno.

Da queste considerazioni discende l'idea di utilizzare anche nel profilo del ponte un materiale fotoluminescente. La ricerca ha portato a confermare tale possibilità in quanto il mercato offre una vasta gamma di prodotti con la medesima caratteristica di quelli, oggi più comunemente usati, per le pavimentazioni delle ciclabili (in forma di inerti). Utilizzando elementi ad esempio in resina epossidica è possibile inserire nel guscio una fascia in grado di assorbire la radiazione solare durante il giorno e restituire luminescenza durante le ore notturne.

L'effetto desiderato in prima fase era di un segno scuro durante il giorno che sul prospetto disegna una linea mediana sul rivestimento esterno evidenziando la simmetria del profilo ondulato superiore e inferiore. Durante la notte la stessa linea diventa di un luminoso verde-oro che rimane pressoché come unica evidenza della presenza del ponte nel territorio.

Tale effetto, con l'utilizzo del materiale indicato, rimane invariato, anzi, si arricchisce di nuove connotazioni, perché, se da un lato ottengo una luminescenza che non comporta un consumo energetico e quindi non necessita di impianti dedicati e di manutenzione, dall'altro, tale luminescenza, gode di una naturale intensità variabile.

La capacità emissiva dipende dal grado di assorbimento di raggi UV che varierà con il variare stagionale dell'incidenza delle radiazioni solari e il tempo di emissione va dalle 6 alle 8 ore di buio. Questo significa che anche l'effetto conseguente sarà diverso nell'arco dell'anno e che il "brillio" sarà più intenso nelle prime ore della sera per andare progressivamente a indebolirsi fino a spegnersi nelle ore prossime al mattino. Al mantenimento dell'effetto "scenico" ricercato, si associa così una resa molto naturale che si armonizza perfettamente con l'ambiente circostante.

Va infatti sottolineato che l'efficacia dei materiali luminescenti e la loro effettiva visibilità è inversamente

proporzionale alla presenza, durante le ore di buio, di altre fonti di luce (es. illuminazione pubblica) che non permettono di apprezzarne la caratteristica fluorescenza. Le valutazioni fatte sulle caratteristiche del contesto e le scelte impiantistiche precedentemente illustrate, confermano ulteriormente la validità e l'effettiva adeguatezza della soluzione proposta.

Per quanto riguarda il guscio si confermano le scelte fatte in prima fase. Il rivestimento avrà una superficie riflettente ma non specchiante; la superficie in alluminio presenta una finitura a micro-sfaccettature che consentiranno di catturare luminosità e cromatismi dell'intorno senza produrre l'effetto di riverbero tipico del trattamento lucido del materiale.

Questo per evitare che l'incidenza dei raggi solari possa provocare fastidiosi effetti a distanza anche sugli automobilisti e per ridurre il rischio di impatto dei volatili.

Il guscio è costituito da pannelli in alluminio con una composizione stratigrafica che ne garantisce la qualità estetica e funzionale, la durabilità e la lavorabilità. La dimensione del pannello sarà di 5,00m in larghezza e con un'altezza nel prospetto variabile da 1,10m a 3,00m in funzione dell'andamento del profilo del rivestimento.

Questo consente la modularità degli elementi ed un perfetto allineamento del rivestimento alla struttura sottostante. I pannelli vengono fissati meccanicamente ad una sottostruttura interna controventata, a sua volta fissata alla struttura resistente.

Le pile sono tutte realizzate in cemento armato. Ma mentre nei tre sostegni "standard", quelli a forma di tronco di cono rovesciato, il materiale lasciato a "faccia vista" è composto da normali inerti di cava, nello strato più esterno della pila ad arco ribassato, che si trova di fianco al tracciato della pista ciclopedonale, una percentuale variabile degli inerti

che compongono il conglomerato sono di materiale naturale luminescente, di un color verde-oro.

La percentuale degli inerti luminescenti, e di conseguenza la soffusa "chiarità" della struttura ad arco, diminuisce sia verso l'interno che verso la parte alta della pila, fino ad azzerarsi del tutto in prossimità dell'intradosso dell'impalcato del ponte. La luminosità prodotta, per quanto di bassa intensità, è comunque in grado di rischiarare (senza per altro alcun consumo d'energia) e rendere più sicura, accogliente e suggestiva l'area di sosta della pista ciclopedonale.

Tale soluzione, oltre a garantire qualità formale e, nelle ore serali, confort visivo senza l'utilizzo di risorse energetiche, diviene segno evidente della doppia funzione della pila ad arco a sesto ribassato, della sua duplice appartenenza: da un canto, *al mondo d'ingegneria*, con il suo essere uno dei quattro appoggi che sorreggono l'impalcato del ponte, e, dall'altro, *al mondo d'architettura* del paesaggio, con il suo essere sia il principale elemento che contribuisce alla conformazione dell'ambiente di sosta del sottopasso, che, in orario notturno, un punto di riferimento visivo per la mobilità lenta.

In conclusione, e in generale, ciò che s'è cercato di realizzare, attraverso l'unità stilistica ottenuta con l'attenta modellazione del suolo, la particolare conformazione delle opere architettoniche, e il modulato, innovativo e sostenibile impiego dei materiali con cui queste sono realizzate, è un intervento che sia armonico e in forte continuità spaziale e visiva con il luogo antropizzato e con l'ambiente naturale. Insomma, un progetto, il nostro, nel quale, in un abbraccio di forme e materiali attento e amorevole, i confini tra artificio e natura si confondono, divengono labili e cangianti ma, al contempo, perfettamente riconoscibili.



Figura 4 – Schizzo dell'idea di progetto



Figura 5 – Vista al crepuscolo del nuovo ponte, la pila ad arco ed il percorso arginale.

### 1.2.2 Caratteristiche tecniche e strutturali

Il progetto strutturale del ponte si è sviluppato secondo un processo iterativo di affinamento che ha portato a recepire pienamente sia le istanze formali architettoniche che i requisiti idraulici e geotecnici che caratterizzano l'area di intervento.

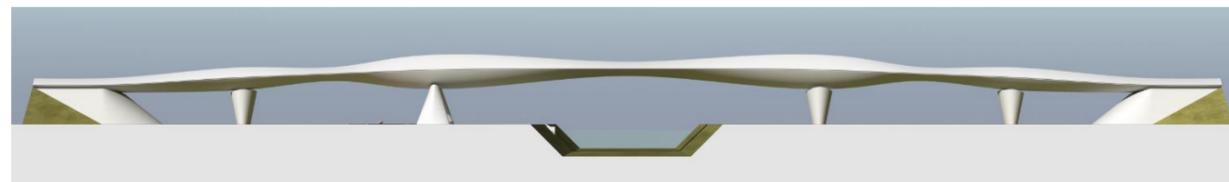


Figura 6 – Schema del ponte a cinque campate

Concepito inizialmente a tre campate fu esteso a 190 m con cinque campate continue (25+35+70+35+25 m), isolate sismicamente; le campate laterali permettono di equilibrare la campata centrale, ridurre i carichi in fondazione e aumentare la trasparenza dell'opera all'interno della cassa di espansione di futura realizzazione.

Il livello di massima piena (+208.50 msm), desunto dalla cartografia fornita come strumento di pianificazione, è correlato anche con il livello previsto nella futura cassa di laminazione; da esso deriva la quota altimetrica assegnata alla nuova viabilità assunta pari a +209 msm, che definisce il profilo altimetrico di riferimento dell'intero progetto. Per il piano di imposta degli appoggi del ponte si è assunta prudenzialmente la quota minima di 209,50 msm, mentre per l'intradosso strutturale dell'impalcato si è di conseguenza assunta la quota minima di 210,00 msm, che garantisce un franco altimetrico appropriato a fronte dei livelli di piena.

La relazione geologica evidenzia la presenza di uno strato compressibile, composto da torbe e argille organiche, fra i 17 e i 33 m di profondità, sovrastato da strati più consistenti di argille e, superficialmente, di sabbia.

Per quanto la parametrizzazione delle proprietà meccaniche sia insufficientemente estesa fino a 25 m di profondità, si intuisce chiaramente che il terreno, sotto carico, manifesterà significativi cedimenti che limitano la capacità portante delle fondazioni anche alla luce dell'attrito negativo, il quale trasferisce parte del peso del terreno superficiale sui pali, in particolare delle spalle.

Ulteriori indagini geologiche che permettano di definire i parametri del terreno fino almeno a 40 m di profondità forniranno sicuramente importanti informazioni che consentiranno di quantificare con precisione il fenomeno.

Pur tuttavia, aumentare il numero delle campate permette di distribuire meglio il carico in fondazione e, soprattutto, di accorciare il rilevato stradale nella sua porzione di maggiore altezza (fino a circa sei metri dal piano campagna) offrendo allo stesso tempo una migliore trasparenza idraulica con i vantaggi che ne derivano.

La tipologia strutturale si è orientata fin dalle prime fasi verso la sezione a cassone di acciaio ad altezza variabile con soletta prefabbricata collaborante, essendo questa una tipologia strutturale fra le più leggere e di facile esecuzione, anche in attraversamento del fiume.

Un impalcato con lastra ortotropa lo sarebbe stato ancor più della soletta in calcestruzzo, ma il valore alquanto contenuto delle luci e la modesta larghezza dell'impalcato ne riduce l'efficienza sconsigliandone l'impiego.

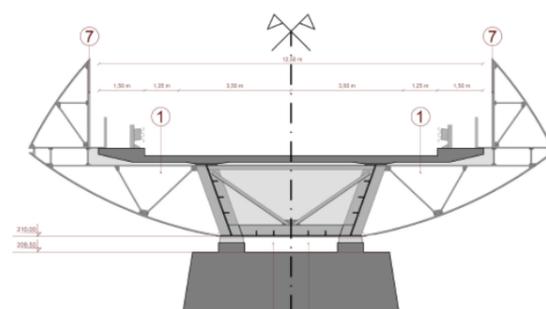


Figura 7 – Schema strutturale "a cassone"

Le fondazioni sono costituite da pali trivellati di grande diametro (1500 mm) lunghi 40 m, che affidano alla capacità portante laterale l'intero carico permanente e quasi permanente, in modo che i cedimenti verticali, assoluti e differenziali (nelle aree golenali è plausibile attendersi una certa variabilità stratigrafica che un singolo sondaggio non può mettere in evidenza) siano minimi. I parametri geotecnici non disponibili sono stati assunti sulla base di considerazioni molto prudenziali desunte dalla conoscenza dei terreni della zona.

Al fine di fornire gli elementi per una coerente valutazione economica dell'opera, si è ritenuto opportuno affrontare una dettagliata analisi del ponte, schematizzando la struttura con un modello tridimensionale composto da

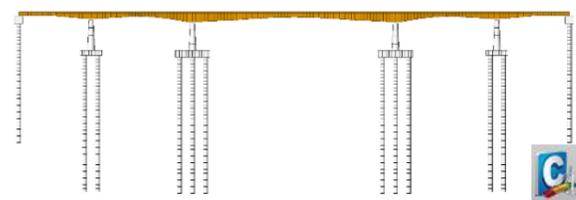


Figura 8 – Modello tridimensionale degli elementi finiti

2452 elementi finiti che ne riproducono fedelmente geometria, eccentricità e carichi.

Le pile tipologiche non presentano problemi strutturali, in quanto esigenze formali di natura architettonica definiscono dimensioni generose in relazione alle sollecitazioni applicate. La pila ad arco è invece più snella, e per questo si è ritenuto opportuno affrontare una modellazione solida di dettaglio che ne ha confermato l'adeguatezza della rigidità sia in termini di spostamento che di stabilità.

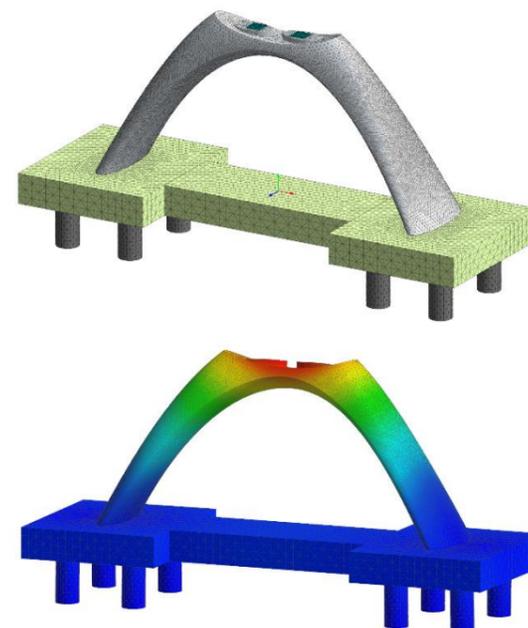


Figura 9 – Buckling analysis

La struttura è isolata sismicamente per mezzo di isolatori gomma-piombo (Lead Rubber Bearing) (vedi fig. 10), interposti fra l'impalcato e la sottostruttura, che operano una significativa riduzione delle forze di taglio agenti su quest'ultima, dissipando parte dell'energia trasmessa dal sisma grazie a un legame costitutivo F-y caratterizzato da cicli di isteresi sufficientemente ampi (l'energia dissipata è l'area racchiusa dal ciclo).

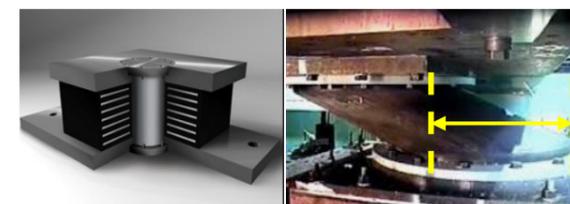


Figura 10 – Isolatori gomma - piombo

Questi dispositivi, che svolgono anche la funzione di appoggio, sopportano deformazioni laterali di ampiezza pari a 2.5 volte il loro spessore.

Il piombo è l'unico materiale che ha la proprietà di ricristallizzare a temperatura ambiente; questo gli

permette, dopo lo snervamento, di tornare autonomamente alle condizioni elastiche precedenti l'azione sismica (vedi fig. 11).

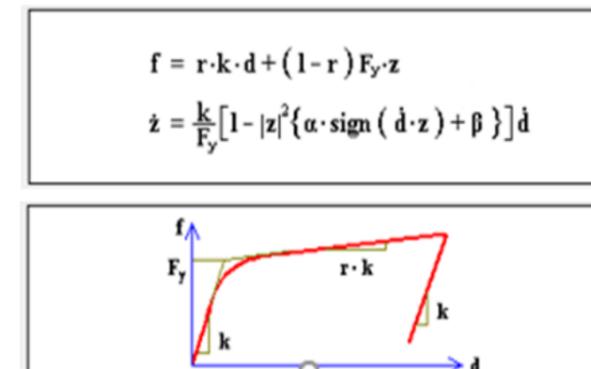


Figura 11 – Legge costitutiva dell'isolatore

Il legame costitutivo, raffigurato sopra, è definito da una bilineare il cui tratto elastico iniziale è legato alla rigidità del nucleo di piombo, e quello post elastico alla rigidità della gomma. Il ricentraggio dei dispositivi è affidato all'elasticità di quest'ultima, grazie al trascinamento dei vari strati collegati dalle lamiere di acciaio intermedie.

La capacità di ricentraggio dell'impalcato dopo l'evento sismico (app. B9 UNI EN 15129) è avvalorata anche numericamente dai risultati delle analisi time history non lineari eseguite. A titolo di esempio si riporta la storia degli spostamenti longitudinali degli isolatori di una spalla (vedi figg 12 e 13), che mette in evidenza valori di spostamento finali (freccia verde) praticamente coincidenti con quelli iniziali (freccia rossa).

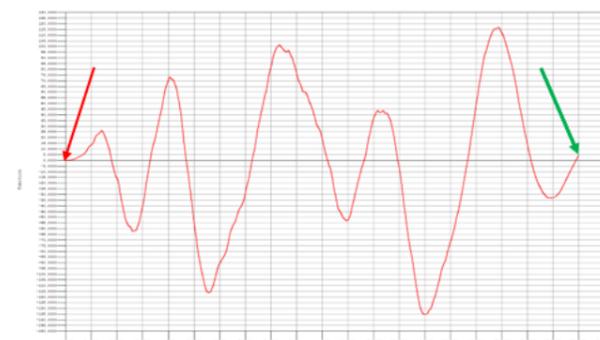


Figura 12 – Time history spostamenti – ricentraggio

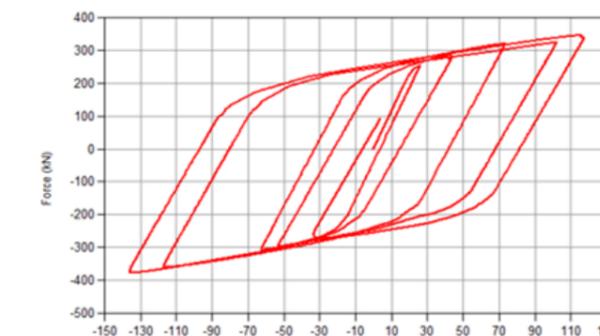


Figura 13 – Ciclo di isteresi del dissipatore

L'efficienza dei dissipatori, intrinsecamente legata alla purezza dei materiali impiegati ed alla qualità della vulcanizzazione (cioè al livello qualitativo del processo industriale del produttore), è avvalorata dai test di qualificazione ("prove di tipo" previste al §7.10.3 del DM 17.01.2018 e §8.2.1.2 della UNI EN15129). I LRB sono stati da noi dimensionati allo stato limite di collasso secondo la UNI EN15129:2018 (dissipazione) e la UNI EN 1337-5:2005 (appoggi elastomerici) svolgendo ventuno analisi time history non lineari, definite sulla base di sette famiglie di accelerogrammi artificiali spettro-compatibili (azioni orizzontali e verticali) con lo spettro elastico e generati secondo le regole del § 7.3.4.1 delle norme tecniche.

Le verifiche di resistenza dell'impalcato sono state integrate con le analisi di stabilità locali mediante modellazione solida di dettagli strutturali, come il concio di testa pila cui si riferiscono le immagini sottostanti, limitate per simmetria alla metà del concio stesso (vedi fig. 14).

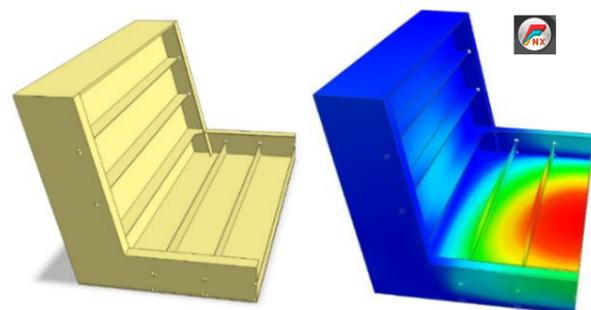


Figura 14 – Analisi di stabilità del concio di testa pila

La medesima attenzione è riservata al rivestimento e alla struttura di supporto, la cui condizione di carico determinante è il vento (vedi fig. 15); se necessario, le azioni aeroelastiche del vento potranno essere valutate mediante simulazione CFD e test mirati eseguiti nella galleria del vento cui si ha accesso.

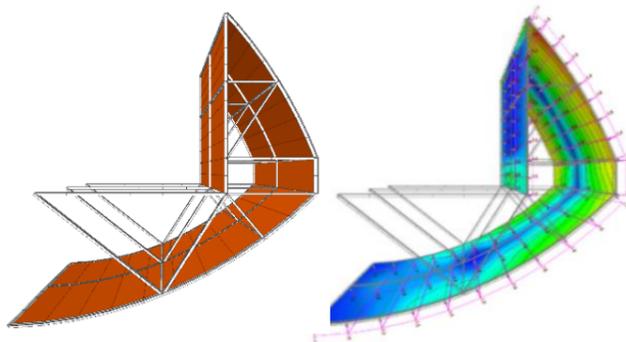


Figura 15 – Analisi di stabilità del rivestimento e del supporto

### 1.2.3 Impianti tecnici e tecnologici

L'obiettivo di realizzare un'opera a basso impatto ambientale ha guidato le scelte progettuali anche dal punto di vista impiantistico verso l'ottimizzazione dell'uso di apparecchi illuminanti in tutto il sistema stradale oggetto dell'intervento.

Il punto di partenza è stata la verifica delle prescrizioni normative vigenti, con esplicito riferimento alle norme UNI 11248 e UNI EN 13201-2, con la definizione di categorie illuminotecniche adeguate e perseguire i valori minimi di luminanza, illuminamento, uniformità e controllo dell'abbagliamento; alla Specifica Tecnica UNI/TS 11726:2018 per gli attraversamenti pedonali e alla L.R. Toscana n° 37 del 21 marzo 2000, Attuazione D.G.R.T. n.815 del 27/08/2004, L.R. Toscana n° 39 del 24 febbraio 2005 e ss.mm.ii. per la riduzione dell'inquinamento luminoso.

Sulla base delle norme cogenti sono stati individuati gli specifici valori illuminotecnici necessari per le aree (intersezioni, attraversamenti, ecc...) nelle quali l'illuminazione artificiale, proprio per le necessità di visibilità da garantire, risultava non declinabile.

Per il resto si è optato per il ricorso a sistemi alternativi o autoalimentati che potessero assolvere i dettami non direttamente connessi a obblighi di legge ma rispondenti comunque alla buona prassi progettuale soprattutto legata alla sicurezza stradale.

Partendo da tali assunti, è stato pertanto definito il sistema di illuminazione del nuovo ponte.

La norma non impone infatti l'illuminazione su carreggiate di categoria C2 per strade extraurbane; ne consegue che il tratto di nuova realizzazione, compresa la carreggiata all'interno del ponte, non necessita di installazione di apparecchi illuminanti.

Tuttavia nella progettazione stradale è buona prassi rendere visibili eventuali elementi che modificano le condizioni al contorno della carreggiata.

Il progetto del nuovo ponte prevede la realizzazione di un guscio di rivestimento che si estende oltre il punto di giuntura fra l'impalcato e la carreggiata stradale su rilevato; ne consegue che circa 16 m prima dell'accesso al ponte, sia provenendo da sud che da nord, ai lati della carreggiata inizia a "salire" il rivestimento del ponte per formare le onde caratteristiche del suo andamento.

Si è ritenuto quindi corretto, e in linea con la buona pratica progettuale, segnalare questa difformità nelle condizioni al contorno della carreggiata attraverso l'inserimento di segnalatori luminosi. La tipologia proposta è caratterizzata dall'autoalimentazione ottenuta dall'integrazione del segnalatore luminoso con un apposito pannello fotovoltaico.

In particolare si tratta di apparecchi LED con pannello fotovoltaico integrato che verranno montati su palo h. 6 m, due per lato per i due punti di attacco del ponte e ad una distanza fra i due corpi illuminanti di 23 m.

Sempre relativamente al nuovo ponte, l'altra fonte luminosa presente è costituita dalla linea mediana esterna del rivestimento del ponte stesso.

Tale linea, già presente nella prima fase del concorso, ha, come anticipato, una funzione esclusivamente scenica e verrà realizzata con elementi in resina epossidica fotoluminescente color verde/oro, posizionati nella linea mediana laterale del guscio.

Al fine di constatare la resa dell'elemento in termini sia di assorbimento che di restituzione della tipica luminescenza, sono state verificate la posizione e l'orientamento del ponte.

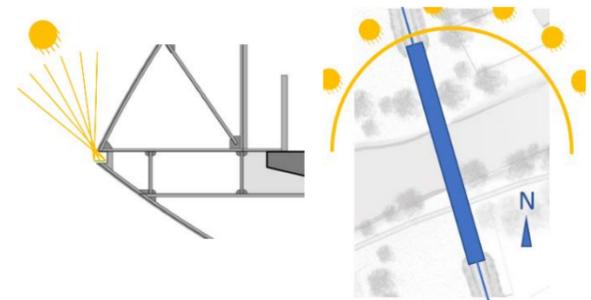


Figura 16 – Verifica esposizione e orientamento

Le scelte così operate sono funzionali nel nuovo ponte all'ottenimento dei seguenti obiettivi:

- conformità alla normativa di riferimento per l'illuminamento della carreggiata;
- coerenza con le scelte energetiche e ambientali di minimizzazione dei consumi (impatto energetico nullo);
- ottimizzazione del rapporto visivo con il contesto ambientale sia per il carattere di pregio intrinseco sia per gli aspetti naturalistici dell'area;
- ottimizzazione dei costi di realizzazione.

### Smaltimento acque meteoriche

Lo smaltimento delle acque meteoriche del ponte verrà realizzato raccogliendo in caditoie laterali le acque di dilavamento del manto stradale che verranno successivamente allontanate attraverso tubazioni inserite all'interno della struttura di rivestimento del ponte.

Le stesse saranno portate in corrispondenza delle spalle del ponte dove confluiscono nei fossati di smaltimento.

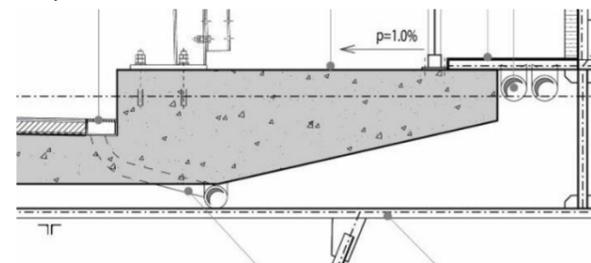


Figura 17 – Dettaglio scarico acque meteoriche

La tipologia di rivestimento del ponte consente l'accesso alle tubazioni per le manutenzioni necessarie.

### 1.2.4 Sistemi di monitoraggio intelligente del ponte

Tutte le strutture sono soggette ad una varietà di fattori interni ed esterni che possono causarne usura e malfunzionamento.

Tenendo conto di ciò, la progettazione non ha circoscritto la sua essenza durevole soltanto a materiali e tecniche costruttive altamente efficienti e performanti, ma con essa è stato predisposto un sistema di monitoraggio strutturale che possa garantire il pieno controllo dello stato di fatto sia in fase di costruzione che per tutto il ciclo vita dell'opera.

L'installazione di tale sistema consentirà di abbattere sensibilmente i costi di manutenzione senza andare a scapito della sicurezza dell'opera. Attraverso l'acquisizione e l'analisi dei dati si potrà infatti operare con un'azione mirata durante le ispezioni periodiche, individuando puntualmente le aree nelle quali risulti necessario un approfondimento di indagine e delle azioni di manutenzione straordinaria.

Il monitoraggio strutturale (*Structural Health Monitoring, SHM*), difatti, è un approccio sistematico al rilevamento e all'identificazione dei danni che si possono manifestare nelle strutture a causa dell'invecchiamento e/o del degrado dei materiali, di azioni eccedenti le previsioni di progetto e di eventi eccezionali di origine naturale o antropica.

#### Progettazione del ponte intelligente

L'iter progettuale del Nuovo Ponte di Buriano ha posto una minuziosa attenzione ad ogni aspetto della progettazione, dando spazio ad innovazione e ricerca. Ogni specialità è stata approfondita e curata con piena consapevolezza, competenza e tecnica.

La questione manutentiva e di durabilità dell'opera non è stata affrontata al termine della progettazione, bensì dal principio, determinandone così uno sviluppo avanguardista in grado di tener conto delle nuove tecnologie in campo.

Nello specifico, l'architettura hardware dei sistemi di monitoraggio più moderni presenta tre componenti fondamentali, quali:

- una rete di sensori;
- un sistema di trasmissione;
- un sistema di immagazzinamento e memorizzazione dei dati provenienti dai sensori.



Figura 18 - Funzionamento dei sistemi di monitoraggio

Il monitoraggio è un procedimento analitico molto complesso, la cui qualità si basa sulla tipologia, sulla modalità di acquisizione e sulla scelta dei dati da analizzare. Risulta essenziale, infatti, a monte del processo di monitoraggio, definire le grandezze fisiche da

misurare, nonché la tipologia e la localizzazione dei sensori.

Tale scelta è chiaramente correlata al compito che questa dovrà svolgere. Nel caso specifico, i sensori serviranno per comprendere lo stato di salute dell'opera (SHM) e per tale ragione si farà uso di:

- accelerometri [m/s<sup>2</sup> o g], i quali misurano l'accelerazione propria;
- giroscopi [°/s], per misurare la velocità angolare nell'istante temporale;
- inclinometri [°], per monitorare l'inclinazione angolare rispetto all'asse di gravità terrestre;
- termometri [°C], per la misurazione della temperatura e delle sue variazioni;
- estensimetri [mm], per valutare gli allungamenti o gli accorciamenti degli elementi strutturali dovuti a cause esterne;
- celle di carico [kg], per il monitoraggio dei carichi che attraverseranno il ponte.

Tali sensori saranno affiancati dall'ausilio di videocamere con grandangolo sia per ispezionare gli elementi strutturali interni, che per monitorare e documentare i flussi in entrata e in uscita sul ponte.

Nel sistema di SHM i sensori giocano un ruolo fondamentale per la qualità del monitoraggio. Per questo motivo, posizionare i sensori in maniera strategica è un'attività chiave nella realizzazione del sistema.

L'Optimal Sensor Placement (OSP) consente di diminuire il numero di sensori presenti su una struttura senza minarne la qualità dei dati acquisiti. Si evita in tal modo di raccogliere dati superflui, traendo vantaggio a livello computazionale.

Non solo, l'utilizzo del numero ottimale di sensori può garantire anche una manutenzione più efficiente ed economica a lungo termine, con un grado di controllo della sicurezza strutturale adatto ad un'infrastruttura su larga scala come un ponte.

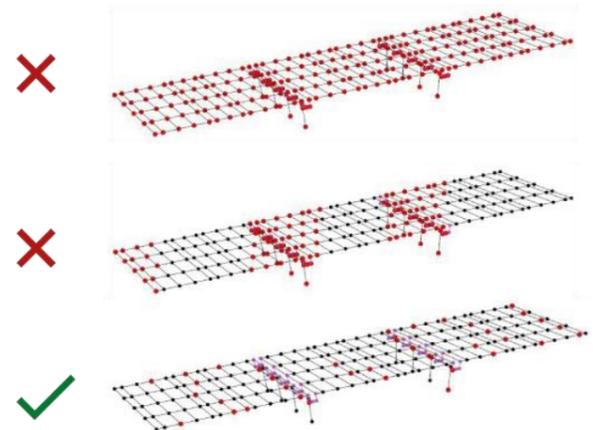


Figura 19 - Esempio di Optimal Sensor Placement (OSP).

#### Realizzazione e collaudo dell'opera

Una corretta posa in opera della rete di monitoraggio e il conseguente primo avvio (configurazione) è una fase altrettanto decisiva. Difatti, la validazione di quest'ultimo e

la calibrazione del modello numerico realizzato, permettono un continuo aggiornamento della rete.

Il sistema monitorerà e gestirà in tempo reale le forze statiche e dinamiche agenti sulla struttura e sarà in grado di ricevere e memorizzare informazioni giunte dalla rete di sensori posti in punti strategici lungo tutta la superficie della struttura. Queste informazioni verranno elaborate, interpretate e gestite in tempo reale dall'intelligenza artificiale col fine di generare dati statistici in grado di ottimizzare la produzione e i processi di manutenzione.

#### Monitoraggio in continuo

L'interpretazione dei dati così raccolti e immagazzinati servirà per monitorare lo stato di salute dell'infrastruttura.

Oltre agli hardware per il monitoraggio in continuo, è previsto un sistema di identificazione delle anomalie innovativo e unico nel suo genere. Il ponte verrà monitorato in continuo attraverso un sofisticato modello a elementi finiti non-lineare (FEM), calibrato e addestrato con l'intelligenza artificiale (IA). L'IA è uno degli strumenti che si presta meglio alla gestione dei dati e all'identificazione delle anomalie in tempo reale. Permetterà di controllare lo stato deformativo e tensionale del ponte individuando situazioni di criticità e/o di deterioramento, confrontando in modo continuativo i dati con il modello FEM, creando una sorta di "gemello digitale" in continuo aggiornamento sulla base dei dati rilevati (Model updating).

Si specifica che il grado di dettaglio delle analisi FEM è deciso dall'IA (lineare e non lineare), attraverso l'interpretazione dei dati acquisiti.

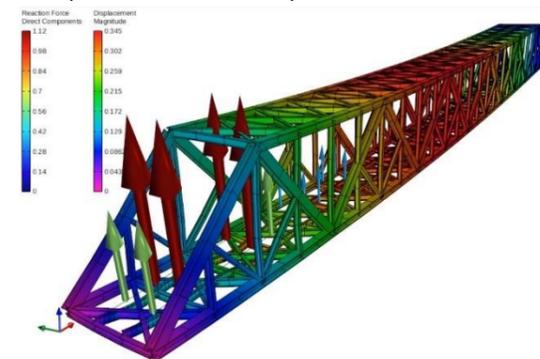


Figura 20 - Esempio di monitoraggio in continuo attraverso il modello FEM.

#### Vantaggi della sensoristica

Fra i numerosi vantaggi dell'impiego di tecnologie SHM si riscontra in primis la possibilità di effettuare una valutazione della sicurezza in tempo reale, integrando e semplificando il ricorso a tecniche tradizionali di investigazione e diagnosi. In ragione di quanto detto, l'applicazione di tecniche SHM consente una determinazione ragionevolmente attendibile della vita residua (prognosi) e, di conseguenza, dell'efficacia degli interventi di manutenzione, ripristino/miglioramento delle strutture. Fra le varie opportunità che lo SHM fornisce rientrano sicuramente una migliore conoscenza del comportamento delle strutture reali, delle azioni e delle loro variazioni nel tempo.

Per riassumere, l'utilizzo dello SHM permette di:

- operare un uso ottimale della struttura, minimizzandone il tempo di inattività e riducendo il numero di criticità;
- cambiare e ottimizzare l'organizzazione del lavoro nei servizi di manutenzione;
- migliorare i prodotti di costruzione tramite la verifica e l'aggiornamento nel tempo delle caratteristiche di durabilità e requisiti di manutenzione.

In particolare, in merito alla manutenzione, il monitoraggio strutturale permette di programmare in modo mirato la manutenzione puntuale o periodica, evitando lo smontaggio di parti ed elementi dove non è stato rilevato un danno, minimizzando il coinvolgimento umano e abbattendo costi in termini di risorse umane, tempi di inattività, di errori e incidenti. Conseguentemente, l'impiego dell'SHM va a migliorare l'affidabilità e la sicurezza delle attività di uso e gestione della struttura monitorata, garantendone l'estensione della vita residua.

L'identificazione predittiva dello stato di danno delle strutture garantirà, inoltre, l'ordinaria fruibilità del ponte, senza che i flussi vengano interrotti o deviati per via di interventi non previsti. L'insieme dei vantaggi derivanti dall'installazione del sistema di monitoraggio sopra citato, consentirà, dunque, di abbattere significativamente i costi iniziali e di manutenzione, vertendo sul mantenimento ottimale dello stato di salute della struttura e diminuendo efficacemente le probabilità di fenomeni indesiderati.

In conclusione, si deve sottolineare l'impatto positivamente significativo dell'impiego di tecnologie SHM su un'opera di tale portata, che si avvale del valore ambientale e storico del contesto dal quale prende origine.

#### 1.3 Viabilità: SP1 e SP56 caratteristiche delle infrastrutture viarie.

##### 1.3.1 Linee guida del processo di riorganizzazione

Riprendendo e argomentando quanto in parte già trattato sul tema della viabilità, vediamo come la proposta inerente alla riorganizzazione funzionale degli elementi della viabilità e, conseguentemente, l'identificazione del tracciato di raccordo tra la rete viaria in esercizio e il nuovo ponte, persegua alcuni obiettivi di fondo:

- gerarchizzazione del ruolo degli elementi della rete stradale;
- riduzione degli impatti, in termini di interferenza, con le funzioni presenti sul territorio;
- valorizzazione del ruolo storico e ambientale assunto dal borgo di Ponte Buriano;
- ricerca di un punto di raccordo tra la necessità di riduzione degli impatti paesaggistici e ambientali, in senso allargato, e l'esigenza di piena efficienza della strada anche in condizioni di eventi naturali avversi; ciò da considerare in merito al ruolo assunto dalla strada stessa per il collegamento con il Valdarno Superiore e data la presenza del fiume con gli aspetti idraulici che ne derivano.

La gerarchizzazione della rete stradale e la chiarificazione del ruolo che ciascuna strada è chiamata a svolgere è un intento chiaramente espresso all'interno del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) della

Provincia di Arezzo. Nel documento di definizione normativa all'art. 11 sono enunciati gli obiettivi per la rete delle infrastrutture e tra questi vi è, appunto, "differenziare il ruolo delle infrastrutture secondo la gerarchia che individua la rete delle grandi direttrici nazionali ... delle direttrici primarie di interesse provinciale ed interprovinciale ... nonché a margine delle strade provinciali, quali collegamento fra sistemi locali".

La gerarchizzazione della rete viaria non va intesa nella sola ottica di "dare importanza" alle strade di livello superiore, ma anche nella possibilità di "rendere più evidenti" i percorsi locali di pregio, conseguenza della diversificazione dimensionale, organizzativa e di arredo attuata ai diversi livelli, condizione che la gerarchizzazione induce.

Il vario ruolo svolto dalle singole tratte stradali deve inoltre corrispondere a un naturale diverso comportamento attuato dall'utente che le utilizza, comportamento che, in termini di velocità, attenzione al contesto, priorità delle esigenze, varia in relazione al modificarsi delle distanze tipiche servite da una specifica tratta rispetto alla rete viaria.

Nella progettazione di un nuovo tracciato l'attenzione al contorno si realizza con la ricerca della "sostenibilità" della strada stessa, concetto che spesso si concentra in termini di sola attenzione all'ambiente, condizione di rilievo, ma che attuerebbe un approccio solo parziale se la stessa sostenibilità non venisse valutata anche in termini sociali ed economici. Nel caso in esame, relativamente ai due ultimi aspetti, dobbiamo considerare come l'attività agricola sia parte delle funzioni presenti sul territorio locale, verso le quali la nuova strada deve minimizzare gli effetti di "frattura", delle aree. Il tema non riguarda solamente la presenza dell'attività agricola, ma anche dell'organizzazione con cui essa si realizza.

Il rischio di distorcere il naturale equilibrio paesaggistico che la realizzazione di una nuova strada porta insito in sé è certamente elevato, tanto più se la stessa strada deve considerare l'esigenza di rimanere in efficienza anche in situazioni critiche, come nel caso specifico, in cui si deve confrontare con le piene che il fiume Arno periodicamente realizza e con il futuro rafforzamento di parte delle aree quali casse di laminazione delle piene stesse.

In tali situazioni la presenza di rilevati può indurre un più marcato impatto del "peso visivo" generato dal tracciato stradale. Un impatto che va contrastato con la valorizzazione di ciò che un innalzamento di quota può favorire, come la percezione, da parte di chi percorre la strada, del valore di quanto lo circonda. Un valore che, dal punto di vista paesistico, è ribadito anche dalla stessa classificazione del PTCP, il quale inserisce sia il tratto della S.P. n. 1 che della S.P. n. 56, entrambe coinvolte dalle progettazioni qui proposte, all'interno della Tavola I - "Strade di interesse paesistico". La S.P. n. 56, tra le due citate, classificata come di interesse "Eccezionale" in buona parte del suo tracciato, e la S.P. n. 1, considerata "Eccezionale" nelle sue tratte poste nell'area di Ponte Buriano e "Rilevante" nel tratto che conduce dallo stesso in direzione della frazione di Quarata.

Non va dimenticato come la strada stessa, nel contesto in esame, assuma un proprio valore, per il collegamento che essa offre con il settore del Valdarno Superiore, ambito di territorio da molti considerato quale "cuore della Toscana", per la sua posizione, oggi servita anche dai caselli

autostradali di Valdarno e Incisa Reggello. Un settore trafficato fin dall'antichità con la percorrenza della "Cassia Vetus", oggi S.P. n. 1 "Strada dei sette ponti", e la sua variante "Cassia Adrianea" o "Cassia Nova" (già al tempo emergeva la necessità delle varianti), quest'ultima volta a collegare Chiusi con Firenze senza però passare da Arezzo.

### 1.3.2 Il tracciato in variante della S.P. n. 1 "Strada dei Sette Ponti"

Nel rispetto degli obiettivi e dei criteri esposti si è quindi sviluppata l'attività di analisi, finalizzata all'identificazione del tracciato ottimale a cui assegnare il ruolo di raccordo tra i percorsi storici delle due strade provinciali e il nuovo ponte. Un tracciato che non investe solamente la parte a sviluppo lineare, proprio della strada, ma anche i modi con cui essa si rapporta alle sue relazioni laterali, indirizzate a servire la realtà locale. Il percorso assume come punto fisso, o comunque dotato di margini limitati di interpretazione, quella che è la distanza, già concordata dagli enti di varia competenza, tra il manufatto in via di progettazione e il manufatto storico del vecchio ponte.

Per ciò che concerne lo sviluppo del tracciato, a partire dalla definizione del punto di scavalco dell'Arno, la discussione progettuale si è sviluppata nell'osservazione delle funzioni presenti nelle fasce di territorio, delimitate dai due argini del fiume e dalle strade che si sarebbero dovute riconnettere. Fasce in gran parte adibite all'uso agricolo, con una propria connotazione a riguardo dell'orientamento dei fondi, della suddivisione delle diverse colture e della collocazione dei fossi o dei canali funzionali all'attività agricola, completate dalla funzione della componente delle residenze, presenti in prossimità dell'innesto a sud della nuova viabilità e lungo la via per Quarata.

La scelta di tracciato è apparsa dunque tra due alternative principali che andavano ad investire la fascia di territorio che da sud, dalla S.P. n. 1, avrebbe portato al nuovo ponte:

- quella posta a base gara che colloca l'intersezione in corrispondenza dell'attuale incrocio tra la S.P. n. 1 la viabilità locale per la frazione di Quarata;
- una soluzione alternativa, con un andamento più armonico della strada, che sfrutti la sinuosità del tracciato per ridurre le interferenze con i fondi e con le funzioni agricole, riducendo il frazionamento di aree omogenee tra loro e l'interferenza con l'operatività agraria. Tale soluzione tiene conto anche delle esigenze di quota per la salvaguardia dalle criticità idrauliche indotte dal fiume.

La seconda ipotesi è stata perseguita, in quanto ritenuta di maggior equilibrio tra il ruolo funzionale che la strada deve assolvere e le esigenze del suo inserimento nel contesto del territorio attraversato perseguendo un maggior rispetto dei margini dei lotti, la separazione delle colture e i filari arbustivi o arborei, considerato come ciò ben si combinasse con le ulteriori valutazioni inerenti al ruolo dei nodi. Nella fascia di territorio in sponda destra il tracciato è, invece, sostanzialmente coerente con quanto già posto a base di bando, non presentandosi alternative utili al miglioramento della soluzione, salvo una lieve traslazione dello stesso in maggior prossimità di un filare alberato.



Figura 21 – Tracciato in variante della S.P. n. 1

I criteri di progettazione del tracciato comprendono la realizzazione di una piattaforma stradale di tipo C2 con larghezza delle corsie e delle banchine nel rispetto delle richieste, per una sezione trasversale complessiva pari a 9,50 m. Le pendenze trasversali sono contenute nel massimo del 7%, mentre la pendenza longitudinale più elevata è dell'ordine del 5%, ampiamente al di sotto del limite superiore definito dalla norma. Le velocità di progetto sono definite nel range 60-100 km/h con alcuni tratti in cui il limite massimo di velocità sarà impostato al di sotto dei 90 km/h al fine di essere coerente con le distanze di visibilità per l'arresto, condizionate dall'andamento planimetrico e altimetrico della strada.

La limitazione di velocità a 60 o 70 km/h sarà imposta nel tratto poco a nord dell'intersezione con la viabilità per Quarata ove la sequenza di curve, ottimizzata per ridurre l'impatto sulla struttura del sistema agricolo, presenta raggi di pari a 170 m, a fronte di valori minimi, risultanti ai sensi della norma, rispettivamente per le velocità indicate, pari a 118 e 175 m. Affinamenti in tal senso potranno essere sviluppati nelle successive fasi di progetto, adottate le scelte di inserimento con curve a raggio variabile e sentito il parere dell'ente gestore.

Una limitazione di velocità, inferiore a 80 km/h è richiesta anche in prossimità del ponte, a fronte del raccordo verticale, dell'ordine dei 5000 m di raggio, volto a superare la differenza di quota tra il punto di approccio alle spalle, provenendo dal rilevato, e il punto centrale del ponte.

L'approccio alla trattazione dei nodi viari e alla risoluzione delle intersezioni tra le diverse correnti di traffico parte dalla considerazione su come una specifica modalità organizzativa, con cui attrezzare un'intersezione, non abbia solo un valore di carattere funzionale, di coerenza tra la capacità offerta e la dimensione del carico viario, ma sia parte stessa della percezione che si vuole offrire in merito al ruolo che ciascuna strada va ad assolvere.

L'analisi ha tratto il suo avvio, ovviamente, dalla proposta progettuale posta a base di gara, nella quale si identificava una coppia di rotonde a rappresentare le testate del nuovo tratto in variante. A partire da tale ipotesi l'analisi progettuale ha realizzato scelte che in alcune parti hanno confermato tale impostazione, mentre in altre hanno portato ad adottare una visione differente.

Alla testata posta a nord del nuovo tracciato, ove esso si va ad unire alla S.P. n. 56, si conferma quindi un assetto a rotonda nell'intersezione tra le due strade, in quanto ciò rispecchia, di fatto, quella che è l'uguaglianza di ruolo gerarchico o di quella che è o sarà la proprietà amministrativa delle strade che vi si innestano.

Vista sul versante della gerarchizzazione, la rotonda tende infatti ad equiparare il ruolo delle strade che vi si innestano, in cui gli approcci godono tutti della stessa priorità di precedenza. Ciò, quindi, è perfettamente coerente con assetti in cui vi sia un equilibrio di flussi movimentati dai vari rami, pur se parte di elementi appartenenti a diversa categoria, oppure un'unitarietà gerarchica delle strade, condizione che si concretizza, appunto, nell'intersezione tra il tratto in variante alla S.P. n. 1 e il tracciato della S.P. n. 56 "dello Spicchio".

La questione principale in tale contesto investe la scelta della dimensione da assegnare al sistema rotatorio, bilanciando l'equilibrio tra il livello di servizio da garantire nella rotonda e l'uso del suolo che consegue alla sua realizzazione. In un contesto paesaggistico di rilievo, quale quello in cui essa si colloca, tale equilibrio va ad assumere un peso elevato.

Per chiarire il motivo delle scelte proposte vale pertanto la pena fare una breve divagazione sul tema delle rotonde, il cui funzionamento, nella configurazione "a precedenza all'anello" è basato su un equilibrio tra la percezione che chi deve immettersi assume rispetto ai comportamenti di chi già circola. Percezione che è influenzata dalle velocità, dalla regolarità di marcia e di impostazione delle traiettorie, condizione che porta a considerare come una visione del tipo "grande è meglio" non sia calzante con il tema di cui si tratta.

Ciò è infatti consolidato anche nell'approccio normativo, rappresentato da DM 16/04/2006 (*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali*), il quale definisce tre livelli dimensionali di cui il maggiore comprende le "rotonde convenzionali con diametro esterno compreso tra 40 e 50 m", specificando inoltre come "Per sistemazioni con 'circolazione rotatoria', che non rientrano nelle tipologie su esposte, il dimensionamento e la composizione geometrica debbono essere definiti con il principio dei tronchi di scambio tra due bracci contigui". Il livello intermedio si identifica invece con le "rotonde compatte con diametro esterno compreso tra 25 e 40 m". In questa seconda categoria o meglio, a cavallo delle due citate, si colloca la proposta progettuale, la quale presenta un diametro esterno dell'ordine tra i 35 e i 40 m, impostato in prima battuta al limite superiore espresso tra i due valori.



Figura 22 – Rotatoria di raccordo fra la S.P. n. 1 (nuovo tracciato) e la S.P. n.56

Tale configurazione appare adeguata a garantire il livello di traffico oggi rilevato lungo la S.P. n.1, oltre a considerare la prospettiva di un potenziale sensibile suo incremento, nel momento in cui non siano più imposte le limitazioni che oggi gravano sul ponte di Buriano. Il rispetto delle necessità funzionali rimane così coerente con l'esigenza che il deflusso avvenga con velocità tali da essere congrue

con il ruolo delle strade. In fase di progettazione più approfondita potrà essere valutato se accompagnare l'anello circolatorio con una fascia interna, sormontabile, indirizzata ad agevolare la manovra dei mezzi più pesanti o di quelli che sono definiti carichi eccezionali.

Un inciso merita il ramo della rotatoria che prosegue verso Ponte Buriano, il cui ruolo non sarà solamente quello di supportare il collegamento stradale a scala extraurbana, ma anche quello di "porta" all'ambito del borgo storico integrato in ciò che, nell'intento progettuale, si configura come un "museo all'aperto". Il ramo in questione, così come sarà per il corrispettivo tratto declassato che porta al ponte da sud, sarà oggetto di un trattamento vegetazionale e di una dotazione accessoria che ne caratterizzeranno la duplicità di funzione.

Spostandoci sul fronte opposto del nuovo tracciato, alla sua testata posta a sud, ove il nuovo percorso abbandona il sedime dell'attuale strada "dei sette ponti", un ragionamento in coerenza con il principio che vede l'organizzazione delle intersezioni come componente della gerarchizzazione della rete ha portato a preferire una soluzione diversa. Una scelta che rappresenta anche la naturale conseguenza dell'anticipo del punto di stacco del nuovo tracciato.

Benché anche qui la valutazione abbia tratto origine dall'ipotesi di rotatoria posta all'attuale intersezione tra la S.P. n.1 e la viabilità per Quarata, l'assetto che ne sarebbe derivato avrebbe avuto come conseguenza che tre dei quattro rami si sarebbero trovati ad approcciare al sistema rotatorio in quello che è un solo quadrante (o poco più del suo sviluppo), con immissioni e uscite molto vicine tra loro. Il ramo della Strada dei Sette Ponti che proviene da sud, la viabilità per Quarata e la nuova tratta in variante avrebbero richiesto, per loro collocazione e orientamento, un'estensione del raggio esterno della rotatoria per la sola necessità di realizzare adeguati raccordi tra l'anello e i rami concorrenti, al fine di garantire una sufficiente fluidità di manovra.

D'altro canto, il ramo afferente al tratto di S.P. n.1, da convertire verso un servizio per la mobilità lenta, nel momento di completa limitazione al traffico veicolare del vecchio ponte di Buriano, si sarebbe caratterizzato per un apporto di carico alquanto marginale, così come comunque contenuto sarebbe stato anche l'apporto da e per Quarata. La conseguenza avrebbe condotto ad avere un sistema rotatorio di ampio diametro sbilanciato in termini di carico lungo un unico asse.

Alla luce di tali considerazioni si è modificato l'approccio con cui trattare la testata sud del nuovo intervento e di conseguenza anche il punto in cui la nuova opera si connette al tracciato provinciale in esercizio.

L'opportunità offerta dall'aver identificato un diverso punto di stacco del nuovo tracciato ha guidato anche la costruzione della proposta di organizzazione delle intersezioni.

Un'organizzazione che, come si è detto, rafforza il ruolo gerarchico della S.P. n.1 e asseconda la più equilibrata sinuosità del tracciato nel rispetto agli attuali confini dei lotti di proprietà, riducendo le fratture trasversali e limitando la creazione di "relitti" inutilizzati e contrastanti con l'economicità e l'organizzazione della pratica agricola locale. Un aspetto, quello appena citato, che si indirizza

verso la sostenibilità della proposta sotto i diversi punti di vista enunciati in premessa.

Il risultato che se ne ottiene è la costruzione di due intersezioni, ove ciascuna è caratterizzata per il diverso ruolo, benché entrambe siano trattate con immissioni laterali con diritto di precedenza al flusso veicolare principale lungo la strada provinciale.

La prima intersezione si trova nel punto stesso di stacco del nuovo tracciato, dove il percorso in variante si pone in relazione con il ramo di futuro declassamento che condurrà al ponte storico. Quale alternativa a quella che avrebbe potuto essere una anonima rotatoria di grandi dimensioni, si è preferito un dimensionamento più compatto, maggiormente orientato a far percepire la presenza del ramo laterale, secondario in termini di funzione stradale, ma caratterizzato come punto di partenza di una qualcosa di diverso da un tracciato per auto. Ciò in quanto, nella suggestione del progetto, il tratto non rappresenta solamente un punto di accesso per raggiungere da sud il borgo di Ponte Buriano, ma anche un elemento centrale per la fruizione, con modi diversi, di una parte più ampia del territorio.

La via per Ponte Buriano diviene così anche punto di accesso ad uno spazio la cui localizzazione è proposta nelle immediate adiacenze dell'intersezione in questione e la cui funzione è quella di permettere, a chi proviene dal tracciato principale, di riconoscere la presenza delle relazioni laterali e del sistema territoriale, storico e naturalistico a cui esse conducono. Lo spazio proposto diviene così strategico da ospitare, oltre alla normale segnaletica direzionale, ulteriori elementi caratterizzanti e tali da evidenziare la presenza del borgo storico e del suo ponte. Analoga considerazione era già stata anticipata con riferimento al ramo della rotatoria posta a nord, funzionale anch'esso a raggiungere Ponte Buriano, tramite la percorrenza del nuovo tratto di S.P. n. 56.

Ancor più, l'intersezione in questione è pensata per diventare un vero e proprio nodo per la mobilità lenta; il cuneo sotteso dal tratto est della via per Quarata e dal tratto ex S.P. n.1, la cui connotazione potrà radicalmente mutare per allinearsi al nuovo ruolo di accesso a quello che è qualificato come un rilevante "punto di interesse" (POI – point of Interest), potrà essere progettato come un'area attrezzata, dove la presenza del parcheggio, di servizi ai turisti e uno spazio verde, costituiscono un nodo di scambio per lasciare l'auto e proseguire i diversi percorsi che da qui si diramano sia in bici che a piedi. Nodo che potrebbe anche integrarsi con la fermata di un eventuale servizio di bike & bus (vedi fig. 23).

A questa prima intersezione ne segue una immediatamente successiva, in direzione nord, nel punto in cui il nuovo tracciato interseca la via per Quarata.

Un nodo la cui connotazione è sostanzialmente diversa da quella sopra descritta, in quanto circoscritta a rappresentare un ruolo maggiormente asservito alle relazioni veicolari, strutturato in modo da garantire sufficiente visibilità alle manovre di immissione affinché esse possano realizzarsi con un adeguato livello di sicurezza.

Anche qui l'entità dei flussi previsti sul ramo locale non appare tale da richiedere una soluzione più articolata per l'intersezione, benché tale ipotesi sia stata valutata e

descritta anche nell'elaborato di presentazione delle alternative progettuali. Pertanto, l'obiettivo progettuale di mantenere uno sguardo orientato verso una versatilità futura d'uso e di evoluzione del sistema, qualora si generassero eventuali mutate esigenze, non esclude anche su questo nodo la possibile introduzione della rotatoria, benché ciò richieda una attenta progettazione in merito alle pendenze con cui i rami convergerebbero nel nodo, al fine di mantenerle nei limiti definiti dal contesto normativo. Questo in quanto, in termini altimetrici, l'intersezione con la via per Quarata viene innalzata di circa 1,5 metri rispetto alla sua attuale quota, così da permettere di realizzare una pendenza sul nuovo tracciato in variante dell'ordine del 5%, a monte e a valle dell'intersezione.

Al fine di agevolare le manovre di immissione sul tracciato principale si potrà valutare anche una eventuale corsia di immissione e/o di accumulo per la svolta a sinistra in considerazione della presenza dell'insediamento artigianale e industriale che gravita sulla via per Quarata, in prossimità dell'intersezione in esame. Tali scelte potranno agevolare la manovra di mezzi pesanti qualora una loro particolare intensità lo richieda, condizione che ad oggi non è nota, guidando quindi verso una soluzione che possa prevedere tale ipotesi pur non attuandola fin da subito.



Figura 23 – Svincolo sud e HUB

Come si può notare il nuovo tracciato della S.P. n.1 va ad intersecare la via per Quarata determinando la creazione di due tronchi, dei quali solamente uno si intende gestito dall'intersezione qui descritta, quello che conduce ad est, verso il polo urbano e l'area artigianale/industriale. Il tratto ad ovest non viene messo in relazione con l'asse principale, almeno non per le manovre realizzate da mezzi a motore, per le quali rimane invece accessibile dal ramo della S.P. n.1 asservito al solo collegamento locale verso il ponte Buriano. La sola funzione di connessione diretta tra i due rami della secati dal nuovo tracciato viene mantenuto per le utenze ciclabili e pedonali, che potranno approcciare all'attraversamento a loro dedicato attraverso da un percorso a partire dall'area servizi di cui si è accennato in precedenza. Lo stesso attraversamento potrà essere trattato con elementi di protezione, sentito l'ente gestore della strada principale, in analogia a quanto viene previsto per la S.P. n.56, di cui si tratterà nel seguito.

Oltre allo sguardo posto sulle tratte sopra richiamate, un'ulteriore nota va indirizzata verso la strada agricola che incide il percorso della nuova variante in posizione

mediana tra quella che è la sua testata sud e l'approccio al ponte di nuova realizzazione. L'interferenza che il nuovo rilevato realizza rispetto alla continuità della strada potrà essere affrontata secondo due approcci, da sviluppare nella fase di approfondimento delle necessità locali.

Il primo potrà prevedere il mantenimento della frattura che si realizza nella strada agricola, a cui il rilevato toglie una continuità che tuttavia non configura limitazioni assolute, essendo la strada tale da connettersi, in entrambe le sue terminazioni alla rete stradale di livello superiore. Tale soluzione è quella attuata nel presente progetto, tuttavia sono state analizzate altre possibilità che troveranno giusto riscontro in successive fasi di approfondimento. Ovvero un altro approccio potrebbe prevedere di mantenerne una continuità, attuabile con diversa intensità, sfruttando l'innalzamento del rilevato che permetterebbe di realizzare un attraversamento di modesta altezza, finalizzato al solo transito ciclabile o di auto, senza particolari interventi, ma estendendo l'approccio già previsto al fine degli attraversamenti faunistici o della permeabilità idraulica. Nel caso si volesse mantenere la continuità anche asservita ai mezzi d'opera agricoli, ciò si dovrebbe realizzare con un sensibile abbassamento del piano viabile della strada agricola, così da garantire una maggior altezza al sottopassaggio della strada in variante.

### 1.3.3 L'adeguamento della S.P. n. 56 "dello Spicchio"

Altro ambito di progettazione, con diverso approccio, è quello connesso all'adeguamento del tracciato della strada provinciale dello Spicchio nel tratto che dal borgo di Ponte Buriano porta all'interconnessione con la variante di collegamento al nuovo ponte. In termini di tracciato non vi sono molti elementi da segnalare in quanto, trattandosi di strada in esercizio, si segue, in linea di massima, quello che è il suo andamento attuale, salvo un intervento di raccordo di alcune curve esistenti, distribuite nella parte mediana del tratto di cui si opera una modifica dei raggi di curvatura per l'innalzamento della visibilità e quindi della sicurezza. L'intervento di raccordo è stato comunemente guidato dalla volontà di non generare eccessive linearità di percorso, mantenendo invece la dinamica sinuosa della strada che, oltre ad essere una tematica che lega l'intero progetto, è anche una tipicità del tessuto di collegamento locale – vedi fig. 24.

L'azione più evidente, che viene invece intrapresa, è l'adeguamento della sezione trasversale, operazione che è qui sviluppata operando delle scelte, che non vogliono risultare rigide, ma volte a mantenere la versatilità verso future diverse configurazioni.

Trattandosi di adeguamento di strada esistente gli obblighi derivanti dal DM 6792 del 05/11/2001, non sono cogenti, benché rappresentino una guida a cui fare riferimento (DM 22/04/2004). Allo stesso tempo il tratto in questione è quello che conduce verso il borgo di Ponte Buriano, approcciando quindi a un centro abitato, per connettersi alla S.P. n.1 che lo attraversa con una sezione che già oggi non corrisponde alla tipologia C2; la strada prosegue poi per Castiglion Fibocchi e oltre, anche qui con una sezione ristretta rispetto alla tipologia C2 prevista per il nuovo tratto in variante.

La scelta adottata, orientata alla versatilità di conversione d'uso degli spazi, si indirizza quindi verso un allargamento

della sede viaria fino ad una sezione pari a 10,50 m, destinata ad ospitare la sede stradale con una piattaforma di 8,00 m (corsie da 3,50 m e banchine da 0,5 m), inferiore alla tipologia C2, affiancata però da un percorso a pari quota e separato da un piccolo cordolo superficiale, destinato alla circolazione ciclopedonale. L'allargamento si attua implementando sull'intera sezione una pavimentazione di portanza adeguata a supportare il carico stradale (anche per la parte ciclabile), dimodoché l'intera sezione stradale possa in futuro essere ripensata e dare la possibilità di attuare sul tratto una completa sezione di tipo C2.

La scelta di affiancare al percorso stradale un percorso ciclo-pedonale, della larghezza di 2,5 m, obbligatoriamente limitato al tratto oggetto di progettazione, risulta funzionale alla fruibilità cicloturistica verso taluni percorsi ciclabili e pedonali che si staccano dal tratto di S.P. n. 56, percorsi già promossi per la fruizione e la scoperta del territorio locale. Così si apre, inoltre, alla disponibilità verso un completamento del percorso in direzione Castelluccio, sempre lungo la S.P. n. 56, creando quindi un collegamento in sponda sinistra analogo a quello già identificato in sponda destra, tale da determinare tra i due una chiusura ad anello appunto a Ponte Buriano e Castelluccio. Non essendo oggi, e in questa fase, prevedibile l'ulteriore estensione della ciclabile, la rotatoria posta a nord del tratto in variante, sarà predisposta per l'attraversamento della viabilità ciclopedonale, limitandoci nella presente trattazione a indicare il passaggio di attraversamento della nuova variante come solo pedonale.

Come detto la sezione trasversale è oggi insufficiente a garantire il transito in sicurezza di maggiori flussi veicolari e richiede quindi un allargamento in sede, previsto verso monte nel tratto più nord e verso valle all'approssimarsi del borgo di Ponte Buriano. La scelta di lavorare alternativamente lato monte, prevalentemente con attività di scavo, e verso valle con compensazioni a riporto trova la sua giustificazione in tre aspetti:

- ottimizzare l'occupazione del suolo: a seguito del rilievo condotto sul tracciato è stata fatta una puntuale valutazione dell'andamento del terreno, delle emergenze/preesistenze;
- miglior raccordo delle curve esistenti;
- contenimento della movimentazione dei volumi nel tratto in adeguamento (vedi fig. 25), stabilizzando a calce o cemento il materiale proveniente dagli scavi fatti in loco.

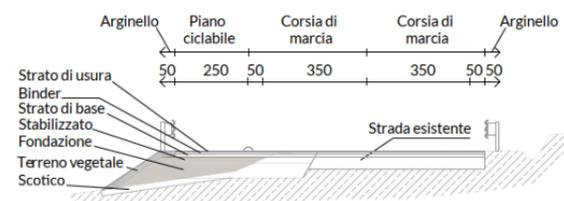


Figura 24 – Sezione stradale sulla S.P. n. 56



Figura 25 – Tracciato della S.P. n. 56 oggetto di adeguamento

Il nodo di interconnessione tra la S.P. n.56 e la S.P. n.1 all'interno del borgo di Ponte Buriano si realizza quindi con un innesto a precedenza al flusso principale, identificato nella continuità tra le due strade provinciali.

Anche qui non è stata rilevata la necessità di realizzare un'intersezione più articolata in considerazione del contenuto apporto di traffico proveniente dal borgo, in cui si immagina un mantenimento della circolazione a senso unico, dove l'immissione sulla viabilità principale avviene, appunto, in concomitanza dell'interconnessione tra le due provinciali, mentre l'uscita dal flusso principale e l'ingresso nel borgo si immagina più a ovest, al di fuori del contesto di progettazione richiesto dal bando, di cui tuttavia si fornisce la suggestione, così da chiarire la struttura organica dello schema progettato. La viabilità a senso unico all'interno delle due vie del borgo, oggi parte della S.P. n.1, ma in futuro declassata, permetterà di affiancare al servizio stradale ulteriori spazi che potranno rispondere anche a diverse esigenze, dettate dall'identità del borgo, nel momento in cui esso sia liberato dal traffico di attraversamento che si trasferirà sul nuovo asse.

Le modalità di disegno dell'inserimento dalla viabilità locale sono realizzate in modo da garantire, a chi si immette, una buona visibilità dei veicoli che sopraggiungono da entrambe le direzioni del tracciato principale, in un punto in cui esso presenta una curva a 90° e a raggio piuttosto contenuto.

La presenza di tale curva è stata parte della discussione sulle alternative, tra cui la soluzione a rotatoria, fino a pervenire a una scelta che vede nella calmierazione dei flussi in arrivo al nodo, specialmente se dalla S.P. n.56, lo strumento adeguato a far sì che la velocità di approccio risultasse compatibile con l'andamento della curva. La calmierazione risulta inoltre funzionale alla tutela delle esigenze generate dal contesto edificato che si affaccia direttamente sulla S.P. n. 56 nel suo tratto terminale. È stata così ipotizzata una sequenza di attraversamenti pedonali, dotati di aiuola spartitraffico centrale per garantire da un lato l'attraversamento in sicurezza da parte dei residenti verso il percorso longitudinale protetto e, contemporaneamente, necessari a indurre un rallentamento dei veicoli in arrivo, maggiormente rispettoso delle caratteristiche del contesto attraversato.

Analoghi attraversamenti sono riproposti anche in posizione più a nord, in corrispondenza dei percorsi di trekking, di cicloturismo o di mountain bike che dipartono dalla strada dello Spicchio per spingersi verso la scoperta del territorio.

La soluzione a rotatoria che, come si è detto è stata scartata per la soluzione dell'intersezione interna al borgo di Ponte Buriano, era comunque stata ipotizzata del diametro esterno dell'ordine dei 35 m, dimensione condizionata dalla presenza, immediatamente ad est dell'intersezione, di un edificio isolato a cui è asservita

un'ulteriore costruzione, pur se più precaria, adibita a probabile magazzino, del quale si sarebbe dovuta realizzare la demolizione. La realizzazione della rotatoria, pur rappresentando un punto di rottura del tracciato e rendendo meno evidente il cambio repentino di direzione nel passaggio tra le due strade provinciali, avrebbe determinato un avvicinamento del ciglio stradale e della fascia ciclo pedonale al fabbricato principale prossimo all'intersezione.

Il tema della presenza di funzioni residenziali a margine della S.P. n. 56, nel suo tratto terminale, potrà introdurre, in un successivo passaggio progettuale ulteriori sviluppi, tra cui quello di valutare una traccia in variante della S.P. n. 56, tale da allontanare il suo tracciato dalle abitazioni che oggi vi si affacciano direttamente con i loro accessi. Tale ipotesi, trattata nel percorso progettuale ma non scelta, pur se risolutiva di taluni importanti problematiche, implica un discreto impatto che va risolto tramite un confronto con gli enti rappresentativi della proprietà della strada e del governo del territorio locale, condizione che non poteva realizzarsi in questa fase progettuale. Il tratto in variante della S.P. n. 56 (vedi Documento di valutazione delle alternative progettuali) determinerebbe la creazione di un elemento di viabilità locale che andrebbe a servire le sole abitazioni, connesso al tracciato stradale principale grazie ad un unico accesso concentrato, riducendo pertanto i livelli di interferenza delle immissioni e degli attraversamenti e innalzando, di conseguenza, il livello di sicurezza della circolazione. Il tratto in variante, inoltre, per la sua collocazione, permetterebbe di ammorbidire il raggio della curva che oggi porta chi proviene dalla S.P. n. 56 ad impegnare la S.P. n.1.

### 1.3.4 Il nuovo ruolo delle tratte da destinare alla mobilità lenta

Pur se non facenti parte degli interventi qui progettati un richiamo è opportuno rispetto al nuovo assetto assunto dalle tratte stradali riconvertite nella configurazione di progetto. Ci riferiamo quindi a tre tratte in particolare:

- la parte di S.P. n. 1 che dall'intersezione sud con la variante in progetto conduce al ponte storico di Buriano;
- la parte della S.P. n. 1 che porta il ponte storico di Buriano a connettersi con la S.P. n. 56;
- Il tratto della via per Quarata, compresa tra l'attuale intersezione con la Strada dei Sette Ponti e il tratto della variante che la incide, parte della via che non offre da quest'ultima l'accessibilità ai mezzi motorizzati.

Le prime due tra le tratte citate presentano oggi la caratterizzazione tipica, in termini di materiali e organizzazione dei margini stradali, delle strade di collegamento extraurbano.

Una caratterizzazione che potrebbe essere oggetto di profonda revisione, attuabile anche per passi successivi, in cui la pavimentazione, o tratti di essa, le dotazioni laterali, sia a verde che connesse all'illuminazione dei percorsi, nonché l'attuazione di interventi volti a calmierare il transito, possano portare a dare una diversa percezione della strada. Percezione maggiormente indirizzata ad un transito lento, ovvero, in cui la percorrenza pedonale o

ciclabile sia privilegiata e protetta per supportare le reti complementari che saranno discusse al punto successivo.

In particolare, parte del sistema interno al borgo di Ponte Buriano potrebbe essere oggetto di revisione, proprio in relazione alla sua connotazione più urbana. Quale suggestione possiamo appunto ipotizzare uno scenario in cui i due tratti siano organizzati con un unico senso di percorrenza, tali che l'attraversamento del borgo avvenga in senso unidirezionale. Nel secondo tratto si concretizza così la possibilità di destinare parte della carreggiata attuale alla percorrenza ciclabile in continuità al transito sul vecchio ponte a cui la circolazione ciclabile e pedonale rimarrà permessa.

Ciò potrà portare anche i servizi del borgo a modificarsi e integrarsi con iniziative volte a supportare la ciclabilità o orientate all'accoglienza, alla sosta e ristoro, al supporto tecnico, comprese le iniziative asservite alla ricarica delle e-bike il cui mercato è in continua espansione.

La S.P. n. 1, nelle due tratte che verranno riconvertite, ma ancor più il tratto della via per Quarata il cui accesso viene inibito ai veicoli in transito sulla nuova variante, potrà valorizzarsi come parte di un *percorso fondativo*, come inteso dal *Piano Paesaggistico Regionale* in cui sono riconosciuti come elemento costitutivo dei caratteri del paesaggio toscano per il loro interesse storico paesaggistico. La via per Quarata pur se discontinua rispetto al transito veicolare mantiene una sua continuità asservita alle utenze pedonali e ciclabili, condizione che richiede una chiara definizione e protezione dell'attraversamento che si viene a creare trasversalmente al percorso in variante della provinciale.

Gli interventi di riqualificazione che saranno realizzati in tale contesto potranno quindi *portare alla luce testimonianze e preesistenze del ruolo storico ricoperto dalla strada* che andranno ulteriormente a valorizzare il ruolo locale e che difficilmente potrebbero invece coesistere con una funzione di collegamento superiore.

### 1.3.5 Il ruolo complementare della rete ciclabile

Quanto detto in merito ai collegamenti stradali non può non considerare come, alla rete destinata a servire i veicoli a motore, si accompagnino ulteriori reti che devono poter trarre benefici dalla riorganizzazione in corso e sono rappresentate dai percorsi e dai tracciati destinati a pedoni e ciclisti.

La mobilità ciclabile è sostenuta da alcune direttrici di lunga percorrenza del cicloturismo: identificate con la ciclovia dell'Arno, che segue lo sviluppo del fiume fino alla sua foce a Marina di Pisa e che si pone in relazione con il Sentiero della Bonifica, pista ciclo-pedonale che si sviluppa a partire dai laghi di Montepulciano e Chiusi fino alla Chiesa dei Monaci, non lontano da Arezzo e da Ponte Buriano.

La ciclovia dell'Arno in particolare, con le molte sue tratte già realizzate, va ad interessare direttamente l'ambito di Ponte Buriano anche a seguito della recente realizzazione della passerella sulla Chiana e al servizio di collegamento che essa svolge rispetto alla Riserva Naturale di Ponte Buriano e Penna. Il percorso offre quindi un transito ovest-est (e viceversa) che vede chi proviene da ovest, dalla Riserva Naturale di Ponte Buriano, attraversare il Canale Maestro della Chiana e da qui raggiungere il tratto meridionale della S.P. n. 01, nella sua parte che assumerà la funzione locale in direzione del ponte di Buriano. In

prossimità del ponte un raccordo esistente conduce ad un percorso che costeggia l'Arno in sponda meridionale e che, sottopassando quello che sarà il nuovo ponte, permette di indirizzarsi verso Castelluccio e da qui proseguire nella percorrenza della ciclovia dell'Arno.

In merito a questo specifico tratto, è utile puntualizzare che è in attuazione il progetto del *Tratto Fiume Arno – Casentino 2° Stralcio – Lotto 2* che prevede un attraversamento della SP 01 per chi proviene dalla Riserva Naturale e si indirizza verso il percorso arginale, con un *percorso di nuova realizzazione* che impegna terreni oggi ad uso agricolo.

Probabilmente questo progetto è antecedente all'iter che ha portato l'amministrazione a studiare una complessiva riorganizzazione della viabilità di Ponte Buriano, grazie alla quale la rifunzionalizzazione del tratto storico della SP 01 consentirà lo spostamento del ciclista dall'arginale alla riserva sempre in sicurezza e su strada dedicata, senza la necessità di impegnare ulteriore suolo per completare il percorso (vedi fig. 26).



Figura 26 – Dettaglio della rete ciclabile

Quanto detto rappresenta, ovviamente, una riflessione derivante dal ragionamento sviluppato all'interno della presente proposta progettuale ed in funzione di quanto sia dato oggi sapere; le conclusioni competono ai soggetti amministratori e pianificatori ai quali è demandata una visione più ampia della progettualità nell'area.

Sempre lungo il Canale Maestro della Chiana, poco a sud del Ponte Buriano è a disposizione un diverso percorso, denominato Sentiero della Bonifica, che conduce in direzione di Chiusi.

A questi tracciati di valenza regionale se ne accompagna uno di scala nazionale, che è la ciclovia del Sole la quale vede proprio il ponte di Buriano come elemento su cui realizzare l'attraversamento dell'Arno per lo sviluppo nord-sud del percorso.

A tali grandi assi posti a servizio della ciclabilità su lunga percorrenza si affiancano percorsi e tracciati più locali, verso i quali il borgo di Ponte Buriano può rappresentare uno snodo strategico, condizione che rafforza le future riconfigurazioni delle tratte di strada provinciale.

Tra i percorsi, non solo ciclabili, di valenza locale possiamo richiamare l'anello per il trekking tra Castiglion Fibocchi, Meliciano, Pieve San Giovanni, Ponte Buriano e Rondine o l'anello di Ponte Buriano con Cincelli, l'Apia, Monte Altuzzo, Badia Capolona e Castelluccio o, ancora il percorso Ponte Buriano, Ponticino, Battifolle e altri

analoghi, tutti accomunati dal vedere l'ambito di Ponte Buriano come elemento in comune e punto di interesse per il valore storico che esso porta con sé. Proprio questa caratteristica di baricentricità di Ponte Buriano avvalorata quanto riportato nel capitolo successivo in merito alla creazione di un *"Percorso museale all'aperto"* del quale il borgo diventa punto di attrazione e snodo tra vari percorsi.

### 1.3.6 Definizione delle scelte impiantistiche nell'intera infrastruttura

La nuova infrastruttura si colloca in un ambiente prevalentemente agricolo e scarsamente abitato; in particolare il tratto nuovo del tracciato fino all'innesto con la S.P. n. 56 è situato nell'ambito di fondovalle dell'Arno e attraversa ampi spazi di terreni coltivati. La localizzazione presuppone una pressoché totale assenza di fonti luminose preesistenti. Situazione simile, almeno fino all'approssimarsi all'abitato di Ponte Buriano, si ha anche sulla S.P. n.56 dove l'aspetto naturalistico del contesto prevale sulle aree antropizzate.

Tale condizione di partenza ha influito sulle scelte relative ai sistemi di illuminazione da adottare nell'infrastruttura, rispetto ai quali si è preferito limitare per quanto possibile l'uso dei corpi illuminanti, avendo comunque come obiettivo quello di assicurare l'ottimale livello di illuminazione nei punti critici della viabilità.

L'intero progetto si è basato quindi sul principio del minor utilizzo della luce artificiale a favore di:

- riduzione dell'impatto ambientale;
- abbattimento dell'inquinamento luminoso;
- riduzione dei consumi.
- efficientamento di tutto il sistema attraverso il bilanciamento fra produzione e consumo.

L'illuminazione stradale interesserà pertanto tutte le zone di conflitto tra manovre, sia dei mezzi che circolano sul tracciato oggetto di progettazione, sia valutando le interferenze laterali (immissioni o attraversamenti) determinate dalle esigenze del contesto. È stato evitato un eccesso di illuminazione che, oltre a rappresentare inquinamento, porta al disturbo della fauna presente in loco, specialmente in prossimità dell'attraversamento dell'Arno.

Si identificano così due tipologie di conflitto principale: quella che si realizza nelle intersezioni stradali, siano esse a rotatoria o ad immissione a precedenza e quella determinata dalla presenza di attraversamenti pedonali e ciclabili, volti a servire il sistema urbano posto in prossimità della S.P. n.1, alla testata sud del nuovo tratto in variante, nonché della S.P. n.56 a Ponte Buriano.

L'illuminazione delle intersezioni è prevista con posizionamento di punti luce perimetrali, specificatamente orientati a garantire il maggior flusso luminoso sulle zone di conflitto tra le manovre, prima tra tutte i punti di immissione nel flusso principale a partire dalla viabilità laterale. Ciò è attuato anche nei regimi a rotatoria, nei quali si è escluso il posizionamento di torri faro centrali.

I tratti di strada immediatamente precedenti all'inizio del ponte saranno illuminati con specifici apparecchi autoalimentati con pannelli solari e batterie incorporate, inoltre saranno installate nuove armature stradali su pali

presso la nuova intersezione sulla SP n°1 e presso la nuova rotatoria sulla S.P. n. 56 "dello Spicchio". Saranno illuminati anche i tratti delle strade in arrivo presso le suddette zone di conflitto ed in prossimità delle stesse. L'impianto di illuminazione già esistente sulla S.P. n.56 in prossimità del centro abitato di Ponte Buriano sarà riqualificato. In corrispondenza di tutti gli attraversamenti pedonali saranno installati ulteriori apparecchi illuminanti, esteticamente simili ai precedenti ma con ottica specificatamente progettata per tale impiego.

Tutti i nuovi apparecchi illuminanti saranno del tipo a LED. Tutti i nuovi pali saranno del tipo a sicurezza passiva, certificati a norma UNI EN 12767, allo scopo di diminuire le conseguenze negative in caso di incidente, assorbendo parte dell'energia cinetica al momento dell'impatto.

Sarà realizzato un sistema di illuminazione adattivo, in grado di ridurre automaticamente l'emissione luminosa degli apparecchi nei momenti in cui la circolazione di mezzi e pedoni risulta scarsa o assente, aumentandola invece fino al suo valore nominale quando il traffico è più intenso. In questo modo l'illuminazione artificiale si adatterà automaticamente e in tempo reale alle effettive condizioni di esercizio della strada, riducendo gli sprechi di energia e limitando l'inquinamento luminoso. Il sistema di illuminazione adattivo sarà realizzato in modo che in caso di guasto gli apparecchi illuminanti vengano regolati automaticamente al loro flusso luminoso nominale.

Per le intersezioni a precedenza e i rami che vi concorrono la categoria illuminotecnica di ingresso è assunta pari a M2, per giungere all'applicazione di una categoria di progetto pari a M3, con una luminanza media pari a 1,0 cd/m<sup>2</sup>. Per le rotatorie si assumeranno categorie della serie C, con una caratterizzazione di esercizio di C3, con un illuminamento medio pari a 15 lux. La categoria illuminotecnica di esercizio potrà essere ulteriormente ridotta in funzione del flusso effettivo di veicoli grazie ad un sistema di illuminazione adattivo sopra descritto.

Agli attraversamenti pedonali, intendendo come tali sia le tratte su piattaforma stradale, che le aree di approccio al movimento, sarà applicato un illuminamento medio pari a 90 lux. Per quanto riguarda il ponte, la sua parte più sensibile è identificata alle testate, in cui sarà quindi concentrata la presenza di punti di illuminazione.

Per compensare il consumo di energia elettrica necessario all'impianto di illuminazione stradale, verrà installato un impianto fotovoltaico nell'area dell'HUB che sarà realizzata presso la nuova intersezione sulla S.P. n. 1.

Non essendo possibile, per ovvie ragioni, l'autoconsumo in tempo reale dell'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico da parte dell'impianto di illuminazione stradale, il generatore fotovoltaico sarà dimensionato sulla base di un bilancio energetico ed economico finalizzato a controbilanciare l'assorbimento medio annuo dell'impianto di illuminazione con una produzione almeno pari di energia da fonte rinnovabile.

Si prevede d'installare un impianto fotovoltaico con potenza nominale di 18 kWp, per il quale si stima una producibilità annua di circa 19'000 kWh, tale da controbilanciare il fabbisogno energetico degli apparecchi

illuminanti e tale da consentire un pareggio di bilancio economico tra la spesa per il prelievo dell'energia nelle ore notturne ed il rimborso per l'eccesso di energia immessa in rete nelle ore diurne.

#### 1.4 Inserimento dell'infrastruttura nel contesto paesaggistico.

È stato già ampiamente trattato il tema relativo al rapporto fra il Nuovo Ponte ed il contesto, essendo questa la base da cui siamo partiti per la redazione delle prime idee progettuali, nel quale questo si inserisce. Tuttavia il ponte rappresenta per estensione una parte limitata seppur significativa dell'intero intervento, che è costituito prevalentemente dal nuovo tracciato e dal tratto in adeguamento.

In particolare, per quanto concerne il nuovo tracciato, abbiamo illustrato come questo sia stato vincolato per la definizione della quota del livello stradale dalle caratteristiche idrauliche dell'area che attraversa. Il TR200 ovvero la quota di massima piena con un tempo di ritorno duecentennale è stata individuata in 208,50 msm; da ciò consegue che il tracciato, che attraversa le aree agricole depresse comprese fra la S.P. n. 1 a sud e la S.P. n. 56 a nord, non può stare al di sotto di questa quota di riferimento onde evitare che la viabilità venga interrotta da eventi alluvionali o, peggio, possa essere pericolosa per chi transita durante situazioni di criticità idraulica.

La quota minima a cui si attesta la strada è quindi di 209,00 msm aumentando la quota di riferimento con un franco idraulico di mezzo metro. La quota dei terreni attraversati è variabile nell'intervallo dei 205 mslm. La realizzazione di importanti opere di rilevato è stata trattata contestualmente alla progettazione del ponte in modo da ridurre il più possibile l'estensione e l'altezza dello stesso. Tuttavia rimane, per le sue caratteristiche dimensionali, probabilmente l'opera più evidente dell'intero intervento.

Trovandosi di fronte al problema della trattazione morfologica e dell'inserimento ambientale e paesaggistico dell'opera nel suo complesso, è stato necessario valutare attentamente le caratteristiche del rilevato stesso che si configura pertanto come un progetto paesaggistico di modellazione del terreno.

I rilevati sono stati quindi sfruttati come occasione di "arricchire" il territorio con l'inserimento di un profilo che evoca il paesaggio toscano, ovvero una sorta di percorso collinare dove l'andamento stesso del rilevato si alza e si abbassa seguendo la sinuosità del tracciato.

Modellazione del terreno, sequenze diversificate sulla piantumazione e scelta delle specie vegetali (sia arboree che arbustive), vogliono richiamare concettualmente il riferimento pittorico di cui in premessa.

È grazie alla pittura dei macchiaioli che per la prima volta viene rappresentato il paesaggio toscano, il quale irrompe da protagonista sulla scena, fino a diventare, ai giorni nostri, un motore anche turistico, che ci ha portato a pensare, come conseguenza, alla proposta di realizzazione contestualmente (e grazie alle risorse già presenti) ad un museo all'aperto – vedi fig. 27.

Il rilevato diventa una sorta di nastro che conduce al nuovo ponte (del quale richiama l'andamento ondulatorio) e dal quale esce per riconnettersi con la viabilità esistente.

Gli altri elementi di nuova realizzazione del tracciato sono le intersezioni, la rotonda a nord e lo svincolo a sud, caratterizzati sia da variazioni altimetriche del tracciato e del terreno, deputati alla gerarchizzazione delle strade, che all'individuazione di diverse tipologie di percorrenza.

In questo contesto, l'inserimento dell'opera nel paesaggio avviene attraverso una trattazione della modellazione dei rilevati e del progetto del verde tale da contribuire a valorizzare e sostenere sia il linguaggio formale del progetto che la comunicazione al viaggiatore di "cosa" la viabilità lascia sottintendere.

Come già anticipato, il progetto del verde parte dalla scomposizione di un'opera figurativa e lavora mediante l'impiego delle seguenti tipologie di impianto che, associate allo schema planimetrico generale di progetto, porta alla seguente distinzione:

- Il filare: utilizzato per segnalare una direzione di pregio;
- Il boscato: impiegato per enfatizzare le variazioni altimetriche;
- Il gruppo arbustivo: come elemento di ricucitura fra l'opera antropica ed il contesto naturalistico.

Quindi nelle intersezioni fra il nuovo tracciato e la viabilità esistente, il filare alberato si configura come l'indicazione di una direzione privilegiata per qualità e pregio sia ambientale che storico – culturale. Gli accessi a nord e a sud di quello che abbiamo definito in questa trattazione "Percorso museale all'aperto" saranno inoltre enfatizzati con delle installazioni che possano rappresentare la qualità di *portale di accesso*.

I gruppi arbustivi verranno utilizzati al piede dei rilevati.

La variazione altimetrica del rilevato viene segnata attraverso la piantumazione di gruppi di alberature con sesto di impianto "boscato" tipiche della zona (vedi fig. 28).

Il degradare dei rilevati verso il terreno circostante avviene nel rispetto della pendenza necessaria a garantire la stabilità del rilevato stesso. La scelta delle tipologie vegetazionali e del sesto di impianto a gruppi arbustivi, avrà diverse funzioni:

- dal punto di vista statico, il radicamento contribuisce al rafforzamento della stabilità del piede dei rilevati che potrebbe essere oggetto di fenomeni di erosione ad opera di acque;
- dal punto di vista naturalistico, l'inserimento di attraversamenti faunistici, affinché questi siano effettivamente efficaci allo scopo, dovrà essere accompagnato da opportuna messa a dimora della vegetazione necessaria a costituire una sorta di "invito" all'imbocco degli attraversamenti stessi.

La vicina presenza della zona palustre di Ponte a Buriano, situata alla confluenza tra il fiume Arno ed il Canale Maestro della Chiana, caratterizzata da canneti, magnocariceti e boschi di elevato interesse naturalistico (Sito Natura 2000), rappresenta una preziosa area di preservazione di biodiversità, ovvero una ricchezza da tutelare. Il processo di trasformazione della maglia agraria, che dagli anni cinquanta del novecento si è progressivamente allargata, ha determinato un conseguente impoverimento delle strade poderali, siepi e alberi anche al margine dei campi.

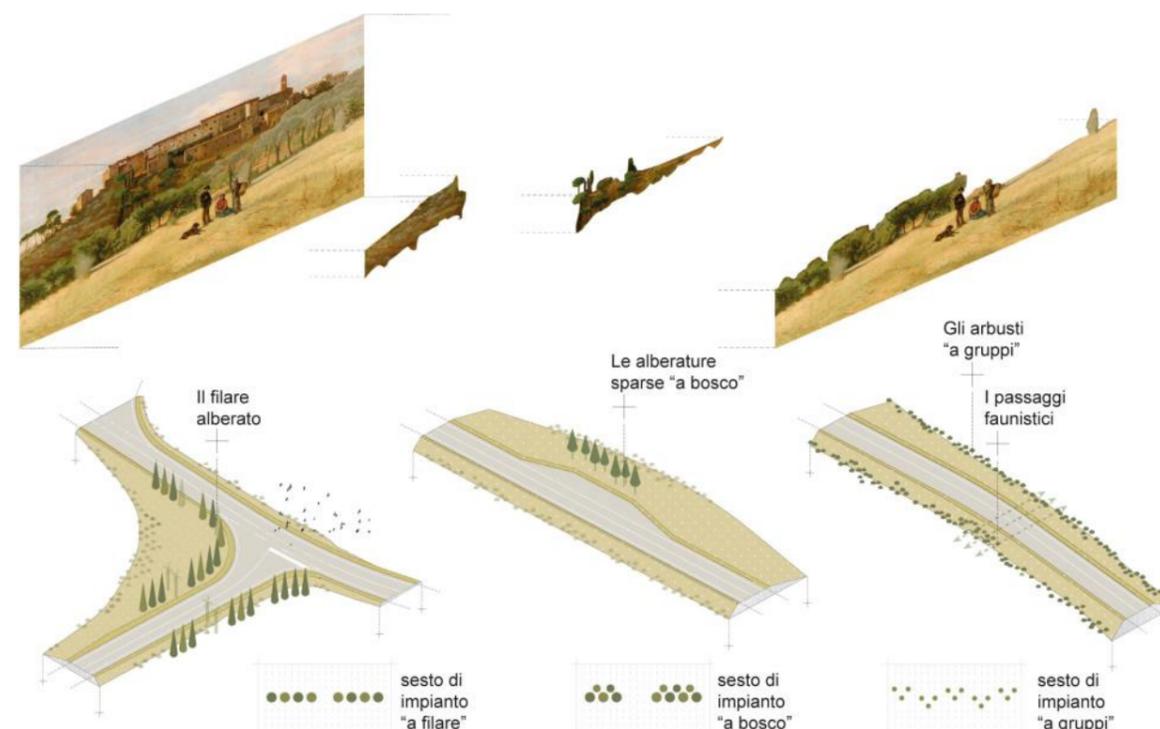


Figura 27 – Schema del sesto di impianto delle opere a verde

Lo studio che viene proposto ha, tra gli altri, come obiettivo di evitare l'interruzione dei corridoi ecologici della fauna locale attraverso l'inserimento di attraversamenti per gli animali e l'utilizzo per le opere a verde di essenze autoctone, privilegiando quelle storiche e/o quelle che stanno progressivamente scomparendo dal paesaggio.

##### 1.4.1 Aspetti specifici dei rilevati

I rilevati per la realizzazione della strada si svilupperanno con altezze medie di circa 4m e con massime di circa 6m in prossimità della spalla del nuovo ponte.

È evidente come, sia per i volumi di materiale in gioco (volume complessivo di circa 70.000 mc), sia per la funzione che gli stessi potranno avere in futuro, la progettazione debba tenere in considerazione il soddisfacimento di diverse esigenze e prestazioni.

Il primo aspetto che è stato studiato e che dovrà essere approfondito nelle successive fasi è una completa ed esaustiva caratterizzazione geomeccanica dei terreni interessati dalle opere.

Dai dati attualmente in nostro possesso risulta, dal punto di vista geologico, che nella fascia pianeggiante allo sbocco del Casentino (area di intervento) affiorano i depositi di natura continentale Fluvio Lacustri Pleistocenici formati prima dell'epoca attuale e i Depositi Alluvionali recenti costituiti da terreni incoerenti o scarsamente cementati a granulometria e classazione molto variabile: ghiaie, sabbie, limi e argille di composizione spesso poligenica che si presentano generalmente intercalati tra loro in strati di diversi spessori.

Date le dimensioni dei rilevati è evidente che, visti anche i dati a disposizione, le pressioni che gli stessi andranno ad esercitare sul terreno potrebbero interessare strati compressibili. Tale problematica potrà essere risolta, una

volta affinata la caratterizzazione geomeccanica del sottosuolo, mediante un controllo durante la fase costruttiva dell'evoluzione dei cedimenti, che potranno essere compensati sia durante la loro costruzione sia con precarichi per accelerare lo sviluppo dei cedimenti stessi.

Dal punto di vista della stabilità del corpo del rilevato, questa verrà garantita mediante l'utilizzo di materiali di idonee caratteristiche meccaniche (terreni di classi A1, A3, A2-4, A2-5) adeguatamente costipato e dando alle scarpate delle pendenze di 2:3 in modo tale che possa venire garantita la loro stabilità.

Poiché il rilevato potrebbe in futuro non svolgere la sola funzione di sostegno della pavimentazione stradale, ma diventare anche un elemento inserito in una cassa di laminazione, nella sua progettazione si è previsto di miscelare il materiale per costruire il terrapieno con percentuale di fine (argille e limi) superiore al 35% al fine di garantire anche l'impermeabilità dell'opera.

Tra i temi prioritari per la realizzazione dei rilevati c'è l'approvvigionamento del materiale proprio in relazione alla quantità necessaria.

Dalle verifiche condotte sul territorio è emerso che il sito si colloca in prossimità di aree censite come risorse suscettibili di attività estrattive (prevalentemente depositi ghiaiosi e sabbiosi) dal Piano Regionale Cave sia nel territorio Comunale di Arezzo che nel confinante comune di Laterina. Ne consegue la possibilità di approvvigionamento dei terreni necessari alla formazione dei rilevati in aree vicine al luogo di realizzazione degli stessi.

Poiché l'impatto dovuto al trasporto del materiale sarebbe comunque rilevante, si propone, visto che l'area potrebbe essere soggetta in futuro alla realizzazione di casse di laminazione, di intervenire direttamente sulle superfici limitrofe ai rilevati operando con una sorta di rimodellazione dei terreni adiacenti. Tale azione, in considerazione dell'estensione dei terreni limitrofi, avrebbe un impatto modesto e si articolerebbe nello scotico del terreno vegetale, nello scavo di 50-100cm di terreno arido in sito e successivo ripristino del terreno vegetale accumulato nella prima fase. Ovviamente queste lavorazioni dovranno essere definite di concerto sia con i proprietari dei terreni sia con gli enti competenti al fine di non ingenerare delle criticità idrauliche e di portare quindi un beneficio a tutte le parti interessate.

Questa operazione (mutuata dalla normale attività tipica delle lavorazioni per la realizzazione di casse di espansione) consente numerosi vantaggi, primo fra tutti quello di annullare l'impatto ambientale dovuto alle importanti movimentazioni di terra necessarie per la formazione dei rilevati stessi.

I rilevati oltre ad avere la funzione propria di permettere la realizzazione della strada alla quota di 209 msm e di elemento arginale di una eventuale futura cassa, avranno anche un ruolo importante nell'inserimento paesaggistico dell'intervento, attraverso una modellazione specifica della forma del rilevato stesso.

Ne consegue che l'impronta a terra dei rilevati non sarà costante rispetto alla proiezione a terra dei limiti della carreggiata (vedi planimetria dell'intervento). L'andamento ondulatorio che si rilegge anche planimetricamente, definisce dei tratti in cui il rilevato si allarga e dei tratti nei quali si restringe andando ad assumere la sua larghezza minima rispetto all'altezza del rilevato nella specifica sezione.

Nei punti in cui il rilevato è più stretto alla base, verranno realizzati gli attraversamenti faunistici. L'imbocco dei canali di attraversamento verrà rivestito in pietra naturale e accompagnato dalla piantumazione di essenze arbustive autoctone in modo da essere massimamente efficaci nel favorire il transito degli animali ed evitare che l'infrastruttura diventi un taglio dei corridoi faunistici presenti in quest'area.

### 1.5 Costi di manutenzione e gestione lungo il ciclo di vita dell'opera.

La gestione dell'infrastruttura comprende i processi attuati dall'ente pubblico e riguardano tutto il ciclo di vita, partendo dalla pianificazione, alla progettazione e alla realizzazione fino ad arrivare all'esercizio e all'utilizzo.

In sostanza il processo di gestione è un percorso teso al progressivo miglioramento della condizione di partenza attraverso la valutazione delle esigenze, la determinazione degli obiettivi, la pianificazione del processo con cui si arriva all'opera realizzata.

La manutenzione è parte di tale processo e consiste nella programmazione di tutti gli interventi necessari per il mantenimento delle prestazioni proprie dell'opera lungo tutto il ciclo di vita.

Partendo da questa breve premessa, è possibile individuare quali sono gli elementi che incidono sui costi che gravano sull'amministrazione nei diversi step del percorso attuativo.



Figura 28 – Profilo del tracciato stradale della S.P. n. 1

#### Costi di progettazione e realizzazione

I costi di progettazione sono determinati sulla base dell'importo previsto per la realizzazione dell'opera.

Tale aspetto è condizionato da necessari approfondimenti (geologia, rilievi, ecc..) da cui desumere dati certi in merito alle caratteristiche del contesto nel quale si va ad operare; l'acquisizione dei suddetti elementi deve necessariamente essere demandata a fasi successive di sviluppo del progetto.

Ciò che altresì è stato valutato è il complesso di soluzioni tecniche e tecnologiche mirate al contenimento dei costi di costruzione. Di seguito si riassumono alcuni concetti già espressi, ma in questo caso utili a qualificarne il valore sotto il profilo economico:

- realizzazione dei rilevati del nuovo tracciato della S.P. n. 1 utilizzando materiale derivante dallo scavo di approfondimento dei terreni circostanti;
- realizzazione dell'allargamento della S.P. n. 56 operando alternativamente a monte e a valle del tracciato esistente al fine di bilanciare il volume di terreno di scavo e di riporto;
- realizzazione nella prima fase di cantiere del nuovo ponte che viene utilizzato subito dai mezzi di cantiere per il necessario collegamento fra le due sponde dell'Arno; tale soluzione, come meglio spiegato in seguito, riduce i tempi e i costi di cantierizzazione e consente di ovviare alla necessità di onerose opere provvisoriale;
- approntamento delle aree di cantiere e viabilità di cantiere realizzati sul sedime dei nuovi tracciati; questa soluzione consente di ridurre i costi per il ripristino delle aree temporaneamente occupate dal cantiere stesso;
- l'ottimizzazione dell'impianto di illuminazione ha consentito di escludere la necessità di posare i cavi elettrici per tutta la lunghezza del nuovo tracciato – circa 1.200 m – prevedendo soltanto la posa del cavidotto per future necessità;

- approfondimento del computo metrico estimativo e attenta valutazione dei prezziari di riferimento.

Tale declaratoria, indicativa e non esaustiva delle scelte connesse al costo dell'opera, costituisce l'insieme di azioni progettuali atte a definire, non tanto il contenimento dei costi complessivi di costruzione, quanto il rispetto dell'importo previsto per la realizzazione connesso al massimo obiettivo qualitativo ottenibile, nonché una ragionevole aspettativa di fidejussione del valore di costo che non dovrà/potrà essere soggetto così a ingiustificabili aumenti.

Un altro aspetto della gestione riguarda la manutenzione, ovvero quel complesso di attività connesse all'esercizio dell'opera e funzionali al mantenimento delle caratteristiche prestazionali legate alla sua funzione.

Per analizzare i costi di manutenzione si è partiti dall'analisi di opere realizzate al fine di determinare dei valori parametrici di riferimento. Si è scelto lo studio della Città Metropolitana di Bologna che ha reso noti i dati desunti dall'analisi condotta sull'intera rete stradale italiana. Per strade di analoga tipologia a quella di progetto, vengono riportati i seguenti valori:

- costi di manutenzione: 5.200,00 €/km/anno;
- costi di manutenzione ordinaria per opere d'arte maggiori: 0.5% del costo di costruzione;
- costi di manutenzione straordinaria per opere d'arte maggiori: 10% del costo di costruzione ogni 20 anni.

Si ritiene che tali valori possano ben rappresentare i costi di manutenzione di un'opera analoga.

Aver considerato sin dalla genesi di questo progetto gli aspetti legati al costo di manutenzione dell'opera ha influenzato le scelte operate nella definizione dei materiali impiegati. Vengono di seguito riportate per tipologia di opera le principali scelte progettuali inerenti al tema della manutenzione, funzionali a ridurre i costi di gestione rispetto agli standard rilevati.

#### Ponte

L'installazione di un sistema di monitoraggio in continuo (ponte intelligente), consente di abbattere sensibilmente i costi di manutenzione aumentando al contempo la sicurezza dell'opera. Dall'analisi dei dati si può infatti operare in modo mirato durante le ispezioni periodiche, individuando puntualmente le aree nelle quali risulta necessario un approfondimento delle indagini e delle azioni di manutenzione straordinaria specifica.

Le scelte progettuali adottate nell'opera in merito all'utilizzo di materiali di caratteristiche tali da garantire una durabilità superiore a quella prevista dalla vigente normativa in materia (ad es. calcestruzzo C28/35 per le fondazioni, rivestimenti in acciaio.....) consente di aumentare la durabilità dell'opera, ovvero diminuire i costi per gli interventi di manutenzione.

#### Piattaforma stradale

Ricorrere a pavimentazioni più performanti di quelle ordinarie (es. utilizzo di splitt mastix asphalt), abbinate alla scelta di un pacchetto stradale di elevata durabilità, consente di aumentare i cicli di vita dell'opera, limitando gli interventi di ripristino e asfaltatura della piattaforma stradale.

Le attività di manutenzione ordinaria del piano viabile, degli arredi e delle componenti impiantistiche sono invece quelle tipiche di un processo predittivo per un sistema analogo, precisando altresì che l'utilizzo di sistemi quali l'illuminazione a LED, porta ad abbattere notevolmente gli interventi manutentivi per quanto riguarda le componenti illuminanti.

#### Opere a verde

Il progetto del verde è stato realizzato valutando in modo specifico le tipologie di essenze da mettere a dimora secondo lo schema di impianto illustrato nel precedente paragrafo. Da sottolineare che, in questo settore, il tema della manutenzione è particolarmente importante trattandosi di elementi "vivi" soggetti a crescita e mutamenti nel breve periodo. Le soluzioni sono state pertanto ricercate nella selezione di piante autoctone con elevato grado di resistenza e a ridotto accrescimento al

fine di ridurre il numero degli interventi di sfalcio e potatura lungo l'asse stradale.

Un ragionamento a parte merita il tema della conduzione dell'opera relativamente alla valutazione del costo dell'energia consumata.

Come si evince successivamente, trattando il tema dell'efficientamento energetico, l'infrastruttura nel suo complesso è energeticamente autosufficiente. L'impianto fotovoltaico è in grado di produrre l'energia necessaria al fabbisogno dei corpi illuminati previsti. Ma l'aspetto del bilancio energetico è stato ulteriormente sviluppato per andare verso un bilancio economico.

Ovvero, abbiamo definito che l'impianto funzionerà con lo scambio sul posto dell'energia prodotta dal fotovoltaico di giorno e riversata in rete, mentre, nelle ore notturne l'energia necessaria per l'illuminazione viene presa dalla rete. Esiste tuttavia una differenza fra il prezzo di vendita (0,10 €/kWh) ed il prezzo di acquisto (0,17 €/kWh). Ne consegue che a parità di quantità di energia prodotta e consumata avrà comunque una spesa corrispondente alla differenza di prezzo.

Si è previsto quindi di potenziare l'impianto fotovoltaico raddoppiandone la capacità produttiva (19.000 kWh) rispetto all'effettivo consumo (10.840 kWh).

Considerando che i costi esposti sono attuali e suscettibili alle variazioni imposte dal mercato, se è possibile ipotizzare un bilanciamento economico della spesa per l'illuminazione dell'opera solo nel breve periodo, è pur vero che il vantaggio rimane anche nel medio e lungo periodo perché ogni implementazione dell'impianto – ad esempio interventi di miglioramento sulla S.P. n. 1 esistente – può essere "assorbita" dalla capacità di maggiore produzione garantendo, questo sì, il mantenimento nel tempo del bilancio energetico.

## 2 Descrizione dei materiali proposti, anche in relazione ad aspetti manutentivi.

### 2.1 Scelta dei materiali e modalità di manutenzione

#### 2.1.1 Descrizione dei materiali durabilità e sostenibilità delle soluzioni proposte

##### Acciaio impalcato

L'impalcato è realizzato in acciaio S355J2W (UNI EN10025/5:2019), noto con il termine commerciale CorTen (acronimo di Corrosion e Tension), un acciaio strutturale a grana fine ed alta resistenza, caratterizzato dall'introduzione di elementi di lega, (P, Cu, Cr, Ni, Mo) che, esposta all'atmosfera, rilascia una polvere di ossidi che patina la superficie esterna che impedisce alla corrosione di aggredire in profondità il metallo.

Questi acciai, che sono ottenuti interamente da metalli riciclati, non richiedono la protezione con la verniciatura che nel caso specifico è stata esclusa per i seguenti motivi aggiuntivi:

- la struttura non è in vista;
- la verniciatura richiede ispezioni e manutenzioni continue, con relativi oneri che possono essere evitati grazie alle proprietà del materiale;
- la vernice ha un costo in termini di sostenibilità in quanto si tratta di un materiale inquinante che va

applicato molte volte nella vita del ponte, e che deve essere smaltito a fine vita della struttura;

- l'acciaio non verniciato ha un costo di riciclaggio inferiore di uno verniciato;
- l'impiego di un normale acciaio al carbonio richiederebbe preferibilmente anche un ciclo di zincatura, che implica un costo ambientale.

##### Calcestruzzo

È previsto l'impiego di calcestruzzi a prestazione garantita trasportati in sito con autobetoniere. Il progetto prevede l'impiego di calcestruzzi con quattro differenti gradi di resistenza, conformi ai requisiti riepilogati in tabella:

	Pali	Plinti	Pila	Spalle	Soletta
Classi di esposizione	XC2	XC2	XC3+ XD1+ XF1	XC3+ XD1+ XF1	XC3+ XD1+ XF3
Classe di resistenza	C25/30	C28/35	C28/35	C28/35	C45/55
Contenuto di cemento [Kg/mc]	300	300	320	320	400
Max rapporto a/c	≤ 0.60	≤ 0.60	≤ 0.50	≤ 0.50	≤ 0.45
Copriferro [mm]	60	60	50	50	40

I valori di copriferro dei getti contro terra scelti sono superiori a quelli indicati dalla normativa ma adeguati al tipo di opera.

##### Materiali fotoluminescenti

###### Cemento decorativo

È prevista l'applicazione di cemento decorativo sullo strato superficiale della pila ad arco. Tale materiale attribuirà un'estetica unica nel suo genere a questo elemento strutturale, il quale rappresenta un punto focale per chi giunge dalla pista ciclopedonale.

Lo strato superficiale della pila ad arco verrà pertanto ottenuto attraverso il rivestimento della superficie con una miscela di inerti fotoluminescenti in aggiunta al mix design del calcestruzzo.

Nell'ottica di un approccio ecologico e sostenibile, il composto è realizzato mediante l'utilizzo di materiali riciclati e pigmenti naturali. Le qualità estetiche di quest'ultimo offrono un aspetto visivo variabile nell'arco della giornata. Difatti, i pigmenti fluorescenti assorbono i raggi UV di giorno, per poi rilasciare questa energia sotto forma di luce visibile nelle ore notturne. Tale effetto permette di sottolineare le linee architettoniche e di creare una sorta di sicurezza passiva per gli spazi che, altrimenti, rimarrebbero nell'oscurità.

Questa tecnologia consente, inoltre, di ottenere colori e forme non convenzionali, adattandosi con estrema facilità ai componenti strutturali. Si tratta di un materiale durevole ed ecologico, che non necessita di particolari cure manutentive e non produce alcun inquinamento illuminotecnico, così da non alterare l'equilibrio del contesto circostante. Al tempo stesso, esso risulta altamente performante anche in presenza di cicli di gelo e disgelo.

##### Pista ciclabile

Attualmente in Italia è stata realizzata con questo materiale una sola pista ciclabile (sono in fase di realizzazione altri 2 percorsi ciclabili), mentre ne esistono alcune in Polonia e Olanda. La sua valenza estetica, di impatto sul paesaggio e di richiamo verso i nuovi utenti sarà dunque garantita per la sua quasi unicità.

Il materiale che verrà impiegato, di giorno apparirà come una normale pavimentazione di ghiaia, mentre nelle ore notturne potrà regalare delle piacevoli sorprese ai passanti. La pavimentazione verrà realizzata abbinando al materiale principale del percorso ciclabile una resina poliuretana e una graniglia vetrosa fotoluminescente di alta qualità nei colori del verde e del giallo. La realizzazione del percorso ciclabile mediante l'impiego di questo materiale sarà a vantaggio dei ciclisti che oltre a rimanere piacevolmente colpiti dall'impatto potranno anche pedalare in totale sicurezza nelle ore serali e a rappresentare, presto, una indubbia attrazione turistica.

La scelta di utilizzare la fotoluminescenza si rifà anche al principio della sostenibilità, essendo una fonte d'energia pulita e rinnovabile che, tra i tanti vantaggi, ha anche quelli d'essere innocua per l'uomo e per l'ambiente, di ricaricarsi con qualsiasi esposizione, per breve tempo, a luce naturale o artificiale, di mantenere inalterate le proprie caratteristiche negli anni, di non essere compromessa nel funzionamento da acqua, fuoco, shock chimici o meccanici.



Figura 29 – Pista ciclo - pedonale

##### Linea mediana del ponte

Il nuovo ponte, osservato durante le ore diurne dal Vecchio Ponte di Buriano e lungo il percorso della pista, si presenta come un guscio riflettente tagliato in corrispondenza della linea mediana.

Durante il crepuscolo e le ore notturne, il ponte si dissolve in una fascia luminosa, proprio lungo la linea mediana, realizzata mediante tecniche all'avanguardia e ad alta sostenibilità ambientale.

La realizzazione avviene grazie all'utilizzo di una speciale resina epossidica luminescente che, con lo stesso principio dei materiali impiegati per la pila ad arco e la pista ciclabile, si ricarica durante il giorno e rilascia luce a partire dal crepuscolo.

L'utilizzo della resina è attentamente studiato in modo da ottimizzare l'assorbimento della luce e ottenere un effetto apprezzabile nelle ore di buio. La sostanza viscosa pigmentata viene applicata nelle zone direttamente esposte alla luce solare o in quelle in cui, grazie al riflesso dei raggi solari, possano ricaricarsi adeguatamente.

Anche in questo caso la durata delle ricariche è praticamente illimitata grazie all'altissima resistenza all'usura e agli agenti esterni della resina adottata.

L'attenzione posta nella selezione di tali materiali è il frutto di scelte coerenti e consapevoli, risultate da un approccio funzionale e, al contempo, sostenibile durante l'intero ciclo vita della struttura. Le opzioni strategicamente proposte enfatizzano l'idea architettonica che vi è alla base e sono in linea alle particolari caratteristiche del contesto. Il colore predominante scelto per tutte le declinazioni di utilizzo dei materiali fotoluminescenti è il verde-oro.

##### Dissipatori sismici

L'impalcato è isolato sismicamente con dissipatori elastomerici a nucleo di piombo (tipo Lead Rubber Bearing) che non richiedono particolari accorgimenti in quanto le parti esterne sono realizzate con materiali che non risentono della corrosione (gomma e acciaio inox). Teoricamente questi dispositivi non sono soggetti a degrado, non presentano superfici di scorrimento che potrebbero deteriorarsi e quindi dovrebbero avere la medesima vita del ponte.

### Giunto di dilatazione

I giunti sulle spalle devono assecondare gli spostamenti longitudinali e trasversali sia in esercizio (vento, variazioni termiche e frenatura) che in caso di sisma. Il tipo di giunto proposto (Maurer Sohne Swivel joint) è perfettamente impermeabile e ha oneri di manutenzione ridotti al minimo.



Figura 30 – Esempio di giunto di dilatazione

### Rivestimento

#### Pannello esterno - guscio

I pannelli componenti il guscio di rivestimento esterno del ponte sono costituiti da materiale multistrato con il nucleo privo di aloeni che garantisce un'elevata resistenza al fuoco.

Gli strati esterni sono costituiti da fogli in alluminio e pellicola protettiva.

Tutti i materiali sono certificati e compatibili con le norme di settore nella composizione di materiali provenienti da riciclo o riciclabili.

Tali pannelli sono inoltre facilmente lavorabili, con bassa usura al taglio, leggeri e agevoli da trasportare, movimentare e montare. La dimensione del pannello dovrà essere modulare rispetto al passo della sottostruttura, ovvero i singoli elementi potranno avere una larghezza pari a 5m o sottomultipli (anche in relazione alle caratteristiche dimensionali di produzione). Il fissaggio avverrà meccanicamente sul supporto strutturale sottostante. Le tolleranze del pannello nell'ordine dei 3mm/m e il valore di espansione termica (2,4mm/m @100°C Temp Difference) sono compatibili con il supporto e assorbiti dal sistema di fissaggio.

Il pannello non necessita di particolare manutenzione; in caso di rottura ogni pannello può essere facilmente sostituito.

#### Pannello fonoassorbente lato interno del ponte

Il pannello interno di rivestimento del ponte sarà di tipo fonoassorbente al fine di minimizzare nell'area immediatamente sopra l'alveo del fiume e la pista arginale, l'impatto acustico prodotto dal passaggio degli autoveicoli.

Il pannello di rivestimento interno al ponte avrà lato frontale in lamiera di alluminio, dello spessore minimo di

12/10 mm, forato, con una percentuale di vuoto su pieno compreso in un intervallo tra il 30% ed il 40%; La conformazione grecata del pannello è atta a ridurre drasticamente la penetrazione di acqua piovana all'interno del pannello stesso.

All'interno sarà presente uno strato fonoassorbente composto da un materassino di lana di roccia avente spessore minimo di 50 mm e densità 85 kg/m<sup>3</sup> e protetto da un lato con velo vetro nero; il lato posteriore è in lamiera di alluminio, dello spessore minimo di 12/10 mm, ma non forato, della stessa conformazione del frontale.

Anche questi pannelli, come quelli esterni verranno fissati alla struttura sottostante con sistemi meccanici che ne consentano mutui spostamenti.

### Pacchetto stradale

La durabilità di una pavimentazione stradale e quindi l'abbattimento degli interventi manutentivi è dovuta non solamente dalle caratteristiche del pacchetto, ma soprattutto dalla portanza del rilevato e degli strati di fondazione, elementi questi ancor più critici della pavimentazione superficiale perché di difficile riparazione nel caso in cui si manifestassero delle problematiche durante la vita utile dell'opera.

Un'ideale progettazione di tali elementi, come indicato nel paragrafo relativo ai rilevati, consentirà, associata a un puntuale controllo in fase costruttiva della qualità dei materiali e della loro corretta posa in opera, di garantire un supporto adeguato e durabile nel tempo al pacchetto stradale. Questo è costituito, partendo dalla fondazione, da: materiale di cava soprastante uno strato separatore in geotessuto, un misto cementato, uno strato di base bitumato, uno strato di binder e da un tappeto di usura antisdrucolo e fonoassorbente.

Come si può notare, definita correttamente la sottostruttura ci si è comunque concentrati anche sulla durabilità degli strati bitumati con l'impiego di asfalti (tipo splitt mastix asphalt) che coniugano ad un considerevole aumento di aderenza anche un considerevole aumento di durabilità.

A completamento di tali scelte si è previsto che il pacchetto stradale possa venire ulteriormente rinforzato per alcune situazioni, con l'inserimento di una rete in fibra di vetro. La rete in fibra di vetro, aumentando le resistenze del sottofondo, consentirà di allungare il ciclo di vita dell'opera.

### Apparecchi illuminanti e pannelli solari

#### Palo con ottica stradale

Gli apparecchi illuminanti con ottica stradale saranno installati a testa palo ad un'altezza di 8 metri dal terreno.

Le armature, fissate a testa palo senza sbraccio e del tipo con ottica stradale per massimizzare l'emissione di luce laddove effettivamente utile a minimizzarne la dispersione al di fuori della sede stradale, saranno equipaggiate con moduli LED ad alta efficienza e lunga vita utile.

Si propone di utilizzare apparecchi aventi le seguenti caratteristiche tecniche:

- Piastra LED a 36 LED – 700 mA;

- Corpo in alluminio stampato a iniezione, verniciato a polvere texturizzato antracite;
- Diffusore in vetro;
- Fissaggi e bulloneria in acciaio inox;
- Classe II d'isolamento II;
- Grado di resistenza agli urti IK08;
- Elevato grado di protezione contro gli agenti esterni IP66;
- Misure: Ø435 x 81 mm;
- Elevatissima efficienza luminosa totale: 136 lm/W;
- Potenza apparecchio: 76W;
- Flusso luminoso effettivo: 10377 lm;
- Fattore di potenza: 0,97;
- Vita utile stimata: L90 – 100'000 h (25°C);
- Indice di resa cromatica minimo: 70.

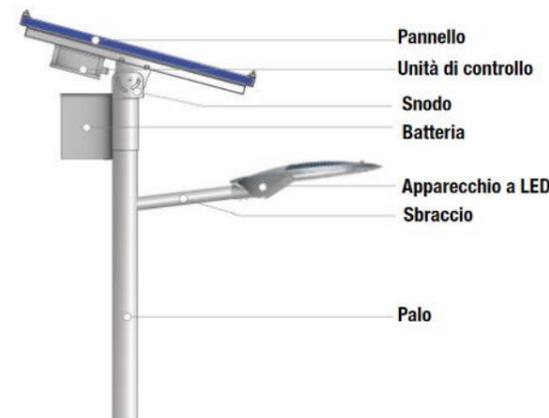


Figura 31 – Schema degli elementi di un apparecchio auto-alimentato

In corrispondenza degli attraversamenti pedonali o ciclo-pedonali, si prevede di utilizzare lo stesso tipo di apparecchi, opportunamente equipaggiati con una speciale ottica capace di concentrare l'emissione luminosa in corrispondenza della zona di attraversamento ed in grado di creare quindi di attirare l'attenzione degli automobilisti rispetto al punto critico della viabilità.

I pali per gli attraversamenti pedonali saranno dotati di segnalatori lampeggianti a bordo palo aventi la funzione di richiamare l'attenzione dei conducenti di veicoli a motore ed indicare la presenza dell'attraversamento pedonale.

#### Palo con apparecchio auto-alimentato

Per contenere l'impegno energetico dell'intervento, si prevede che gli apparecchi da installare in corrispondenza dell'imbocco del ponte, nelle due estremità, siano del tipo con pannello fotovoltaico e batteria integrata per l'autoalimentazione, secondo lo schema costruttivo riassunto nell'immagine che segue:

#### Sistema di regolazione della luce

Il progetto prevede la realizzazione di un sistema di regolazione della luce per mezzo di opportuni sensori e regolatori tali da realizzare un'illuminazione stradale di tipo adattivo (TAI secondo UNI 11248).

Per maggiori dettagli in merito si veda il corrispondente paragrafo.

### Palo porta-apparecchi del tipo a sicurezza passiva

Il progetto tiene conto delle esigenze di sicurezza stradale per tutti gli utenti dell'infrastruttura di nuova realizzazione.

I pali di sostegno dell'illuminazione pubblica possono costituire un centro di pericolo per gli utenti della strada che in caso di urto rischiano di riportare lesioni anche fatali.

Per esigenze illuminotecniche e pratiche non è sempre facile attuare un distanziamento tra la carreggiata ed il palo tale da costituire di per sé una misura di sicurezza, né l'interposizione di barriere di sicurezza risulta essere di agevole o pratica attuazione.

Per questi motivi, sono stati scelti sostegni a palo di tipo cedevole, cioè a sicurezza passiva secondo i requisiti stabiliti dalla norma UNI EN 12767 "Sicurezza passiva di strutture di sostegno per attrezzature stradali - Requisiti e metodi di prova".

I pali proposti avranno quindi le seguenti caratteristiche:

- Categoria 70HE3 (elevato assorbimento d'energia);
- Prestazioni studiate per velocità d'impatto di 70 km/h;
- Classe di sicurezza C (ex 3);
- Fondazione a vite con derivazione e chiusino;
- Palo con diametro alla base di 140mm e diametro alla testa di 60mm, con entrata cavi, asola per morsetteria;
- Palo in acciaio zincato S235JR.

### Impianto fotovoltaico

Il progetto comprende la realizzazione di un impianto fotovoltaico da realizzarsi presso le strutture che costituiranno l'HUB in corrispondenza della diramazione della nuova viabilità dal tracciato della S.P. n.1.

L'impianto sarà basato su moduli fotovoltaici del tipo al silicio monocristallino e ad alta resa.

Principali caratteristiche del modulo fotovoltaico:

- N°120 celle (60 x 2);
- Celle monocristalline di tipo N;
- Grado di protezione della scatola di giunzione IP68;
- 3 diodi di bypass nella scatola di giunzione;
- Vetro frontale temprato ad alta trasmittanza;
- Telaio in alluminio anodizzato;
- Potenza singolo modulo 375W;
- Tolleranza di potenza positiva;
- Dimensioni: 1768 x 1042 mm x 40 mm.

## 2.2 Aspetti manutentivi

### 2.2.1 Percorsi di ispezione e manutenzione

La struttura è interamente ispezionabile. L'impalcato è percorribile all'interno dei cassoni attraverso passi d'uomo e passerelle di ispezione che danno accesso ad ogni parte della struttura. Questo permette di eseguire tutte le ispezioni visive e strumentali, nonché tutte le operazioni di manutenzione senza interrompere il traffico. L'accesso all'impalcato avviene da comode botole predisposte nella lamiera inferiore del cassone in corrispondenza delle spalle, in posizione facilmente accessibile dalla strada arginale. La completa ispezionabilità della struttura è

importante anche per gli impianti, in particolare per la rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche provenienti dalla piattaforma stradale, che deve essere mantenuta in perfetta efficienza al fine di evitare fenomeni corrosivi e di degrado dell'acciaio.

#### **Manutenzione e sostituibilità di componenti strutturali**

Esclusa la necessità di verniciare le parti metalliche grazie all'impiego di acciaio autoprotetto, le operazioni di manutenzione riguardano appoggi, giunti, parti metalliche di impalcato e strutture di calcestruzzo.

#### *Appoggi-dissipatori*

Gli appoggi non necessitano di manutenzione, nemmeno di ricentraggio dopo l'evento sismico. L'unica manutenzione è il controllo visivo che eventuale vegetazione spontanea non li aggredisca. Per quanto improbabile che ciò sia richiesto, i dissipatori possono essere agevolmente sostituiti sollevando l'impalcato con martinetti, posti in corrispondenza del traversone in asse degli appoggi e messi in contrasto con la sottostruttura in calcestruzzo.

#### *Giunti di dilatazione*

La qualità del giunto proposto è tale da non richiedere particolare manutenzione. La forma della superficie esterna impedisce anche l'accumulo di sporcizia che potrebbe comprometterne la capacità di spostamento e la impermeabilità. È comunque raccomandata l'ispezione periodica. La sostituzione comporta il restringimento della carreggiata durante i lavori.

#### *Strutture di calcestruzzo*

Anche le parti in calcestruzzo non sono soggette a particolari oneri di manutenzione. La soletta va controllata nei confronti della fessurazione che potrebbe essere indotta dalla flessione trasversale ad opera, ad esempio, di carichi eccezionali. Le pile sono caratterizzate da stati tensionali di compressione prevalente che inibiscono le fessurazioni. Le spalle sono caratterizzate da stati tensionali modesti in quanto l'impalcato ha reazioni ridotte in virtù dello schema strutturale e grazie all'effetto favorevole dei dissipatori, che riducono il taglio alla base. Di conseguenza la flessione (e quindi la fessurazione) è modesta anche nei pali. La parte superiore di essi è rivestita con una camicia metallica a perdere spessa 10 mm che garantisce la protezione del palo dall'erosione e il calcestruzzo dall'aggressione chimica e dell'acqua. Essendo immersa nel terreno e nell'acqua, la camicia non è praticamente soggetta a corrosione.

#### **Productive Lifecycle Management**

Un ulteriore aspetto inerente alla manutenzione che può risultare qualificante per la Stazione Appaltante è la possibilità - a lavori ultimati e opera entrata definitivamente in esercizio - di testare una applicazione pilota di Productive Lifecycle Management (PLM) basata sul modello BIM dell'opera stessa.

L'applicazione PLM, implementata sulla base del Piano di Manutenzione aggiornato al termine dei lavori, potrà trovare sede su una piattaforma Facility Management di strutturazione dei dati di tipo open source (per esempio OpenMAINT) per non comportare costi aggiuntivi per la Stazione Appaltante.

Nella piattaforma potranno essere gestite tutte le informazioni contenute nel modello, i documenti relativi ai riferimenti normativi, procedurali e la manualistica per la manutenzione, le registrazioni delle periodiche manutenzioni di cui saranno forniti i riferimenti, oltre agli indicatori prestazionali del sistema, quali ad esempio i consumi energetici.

Realizzare un'applicazione pilota PLM consentirebbe di promuovere ricerca ed innovazione, individuando approcci nuovi sui temi della gestione del patrimonio pubblico e della sua manutenzione che generano attenzione al patrimonio medesimo e all'utilizzo delle risorse comuni.

#### **Materiali fotoluminescenti**

I materiali fotoluminescenti (pur nelle diverse declinazioni) non solo suscettibili di deperimento della caratteristica fluorescenza in relazione ai cicli di carica ed emissione. La loro durata può considerarsi di per sé perenne.

La manutenzione e l'eventuale riparazione/sostituzione delle parti dipendono direttamente dalle caratteristiche del materiale che ne funge da supporto.

Pertanto per gli aspetti manutentivi occorre far riferimento alla normale manutenzione occorrente per la superficie della pista ciclopedonale; per il cemento di rivestimento della pila ad arco e per la struttura che costituisce il guscio di rivestimento del ponte.

#### **Impianti di illuminazione**

Gli impianti di illuminazione pubblica di ultima generazione con sorgenti a LED per loro natura sono caratterizzati da ridotte esigenze di manutenzione.

La sorgente luminosa infatti è caratterizzata da una vita utile molto elevata e in assenza di eventi straordinari (urti, frane, ecc.) l'insieme palo di sostegno più armatura a testa palo può considerarsi esente da manutenzione.

Contribuiranno ad agevolare e ridurre al minimo gli interventi di manutenzione le seguenti scelte progettuali che sono state adottate:

- L'adozione di sistemi di regolazione della luce che oltre a consentire risparmi energetici con riduzione degli sprechi prolungheranno la vita utile effettiva degli apparecchi;
- L'adozione di sistemi di regolazione e comunicazione in tempo reale per gli apparecchi illuminanti che consentiranno di avere la segnalazione a distanza degli eventuali guasti.

#### **Impianto fotovoltaico**

L'impianto fotovoltaico sarà dotato di componenti di comunicazione raggiungibili e interrogabili da remoto che consentiranno di verificare in tempo reale la produzione energetica e la sussistenza delle condizioni nominali di progetto, oppure la presenza di malfunzionamenti o guasti.

Con questo sistema sarà possibile verificare la necessità di interventi di manutenzione ordinaria o straordinaria ad esempio per la pulizia dei pannelli solari dallo sporco accumulatosi sulla superficie, oppure la manutenzione

straordinaria al convertitore statico in occasione di un evento di guasto.

### **3 Descrizione delle varie fasi realizzative in relazione all'ottimizzazione della gestione delle fasi stesse.**

Le specificità dell'opera nel suo complesso e la localizzazione dell'intervento sono gli elementi che hanno portato alle prime riflessioni in merito alle problematiche principali da affrontare e risolvere.

La presenza del fiume, che costituisce una cesura delle aree coinvolte dalle lavorazioni, l'impatto della movimentazione di importanti volumi di terra, la necessità di arrivare con i mezzi di cantiere in prossimità dell'argine per costruire il ponte; sono stati, fra gli altri, i maggiori argomenti di riflessione nella ricerca di soluzioni funzionali al contenimento dei tempi di realizzazione e alla riduzione degli impatti generati dal cantiere stesso.

#### **3.1 Descrizione delle fasi realizzative dell'opera**

Le lavorazioni previste sono state organizzate e suddivise in quattro macrofasi per le quali è possibile prevedere una parziale sovrapposizione temporale, che consente di "attaccare" su diversi fronti le opere al fine di ridurre il tempo complessivo di realizzazione.

La prima fase comprende la costruzione del nuovo ponte. Vengono quindi avviate le operazioni necessarie all'allestimento del cantiere, viene preparata la semirotatoria nord di innesto alla S.P. n.56 e la deviazione provvisoria a sud per mantenere la viabilità in entrata ed uscita da Quarata. Le aree in corrispondenza delle pile del nuovo ponte, sulla sinistra e sulla destra orografica del fiume vengono adeguatamente recintate e attrezzate con gli apprestamenti necessari. Per arrivare con i mezzi d'opera a tali aree verranno preparate le piste di cantiere, che da sud, staccandosi dalla S.P. n. 1, e da nord, all'altezza della futura rotatoria sulla S.P. n. 56, raggiungono le zone interessate dalla realizzazione delle fondazioni del nuovo ponte.

Le piste di cantiere ricalcano il sedime che sarà occupato dal nuovo tracciato in variante della S.P. n. 1; in questo modo, nel prosieguo della realizzazione, non sarà necessaria l'occupazione di ulteriore terreno né saranno necessarie opere di ripristino.

Unica eccezione è costituita dal raccordo provvisorio per garantire la continuità fra la via per Quarata e la S.P. n.1, che verrà spiegata meglio nel successivo capitolo.

Prima dell'inizio delle opere di scavo per le fondazioni, sarà effettuata la bonifica bellica dell'area, la cui esecuzione viene concertata con i tecnici del Genio Militare e la ditta specializzata.

#### **3.3.1 Fase 1 - Realizzazione del nuovo ponte**

Per la esecuzione delle opere fondazionali, si procede realizzando i pali di fondazione, lo scavo e i plinti; vengono quindi realizzate le opere in elevazione fino all'estradosso delle spalle e delle pile.

Una volta posizionati gli isolatori sismici si procede al varo dei conci.

I semi-conci arrivano in cantiere disassemblati; vengono quindi uniti mediante bullonatura ed inseriti i traversi e i controventi. Una volta pronti i conci, che sottendono la prima campata, questi sono uniti a terra mediante saldatura.

La prima campata viene quindi sollevata da terra e posizionata con l'ausilio di due autogrù. La prima campata è completata con la posa della soletta prefabbricata.

Si procede analogamente per la seconda campata.

Tali operazioni sono fatte contemporaneamente sulla sinistra e sulla destra orografica.

Si arriva così ad avere le prime due campate, da entrambi i lati, montate e si procede al completamento della campata centrale di attraversamento con una luce di 70 m. A questo punto, il varo dei conci della campata centrale si esegue a sbalzo, partendo dalle pile e andando verso il centro del ponte.

Quando l'intera struttura è completa, anche con le solette in prefabbricato, si esegue la precompressione longitudinale della soletta e quindi al getto delle tasche che permettono la solidarizzazione con la struttura metallica.

Mentre vengono completate le opere relative al ponte (impermeabilizzazione dell'impalcato, conglomerato bituminoso - binder, guardrail), a terra si iniziano a realizzare i rilevati di accesso al ponte. La priorità sarà di rendere il ponte immediatamente utilizzabile per il passaggio dei mezzi di cantiere in modo da connettere i due argini del fiume, risolvendo il problema della viabilità interna al cantiere. Ovvero, essendo un cantiere unico è necessario un diretto collegamento fra le sponde per il passaggio di mezzi, operai e materiali, oltre che per evitare il raddoppio degli apprestamenti (baracche, servizi igienici, officina, depositi, ecc.). In questo modo, una volta che è consentito l'attraversamento del ponte, anche l'organizzazione di cantiere viene ottimizzata e assume la configurazione logistica che avrà fino alla fine dei lavori.

#### **3.3.2 Fase 2 – Realizzazione nuova viabilità su rilevato**

La Fase 2 inizia contestualmente alla realizzazione del ponte e prevede prima di tutto l'individuazione delle aree dalle quali verrà prelevato il terreno per la realizzazione del rilevato.

I terreni saranno quindi soggetti a scotico e lo strato di terreno vegetale rimosso sarà adeguatamente accantonato e conservato all'interno di idonei spazi previsti nelle aree di cantiere. Si procede quindi allo scavo ed al prelievo dei volumi di terra necessari per raggiungere la quota altimetrica prevista per il rilevato nei diversi tratti.

Vengono posizionati i tubi prefabbricati in cls per i passaggi faunisti e viene portata la terra, stesa e costipata per strati successivi di 30 cm di spessore.

La realizzazione del rilevato parte in prossimità del ponte (per dare immediato collegamento al passaggio dei mezzi di cantiere) e prosegue verso sud, verso la S.P. n. 1, da un lato e verso nord, verso la S.P. n. 56, dall'altro.

Raggiunta la quota altimetrica necessaria nei rilevati si procede con la costruzione del cassonetto stradale e la posa delle reti per lo smaltimento delle acque meteoriche.

In questa fase verrà anche posato un cavidotto funzionale ad un futuro diverso assetto della rete impiantistica che, allo stato attuale, non necessita del passaggio di cavi di alimentazione. Tale predisposizione eviterà, rispetto al mutare delle esigenze, di dover riaprire lo scavo per la posa di tubi per il passaggio di nuovi impianti.

Contestualmente alla viabilità su rilevato verrà realizzata anche la rotatoria di collegamento fra la S.P. n. 56 ed il nuovo tracciato compreso fra la strada esistente ed il nuovo ponte.

A conclusione della Fase 2 viene completata la strada con la posa dei conglomerati bituminosi, gli arredi e infine la piantumazione delle essenze previste in progetto a completamento della configurazione finale del tratto in rilevato.

### 3.3.3 Fase 3 – Adeguamento visibilità esistente della S.P. n. 56

Nella Fase 3 viene allestito il cantiere sulla S.P. n. 56.

Il momento di inizio delle lavorazioni sulla S.P. n. 56 è stato collocato nel cronoprogramma alla fine delle attività per la realizzazione dei rilevati nella Fase 2.

In questo modo la squadra di operai e i relativi mezzi necessari per le lavorazioni di scavo e movimento terra, si sposteranno dall'area interessata dal nuovo tratto della S.P. n. 1 alla provinciale "Dello Spicchio", ottimizzando così l'organizzazione operativa in fase di esecuzione.

Per quanto riguarda le opere relative alla strada (cassonetto, conglomerati, ecc...) saranno necessarie almeno due squadre di cui una fissa sui rilevati e l'altra che si alterna tra i rilevati e il cantiere mobile sulla S.P. n. 56.

Le opere saranno eseguite con un cantiere mobile per tratti di lunghezza compresa fra i 150 e i 200 m. La logica del progetto ha previsto l'allargamento della sede stradale alternativamente a monte o a valle del tracciato esistente. Fra i diversi obiettivi, che in questo modo sono stati conseguiti, c'è anche il vantaggio di poter utilizzare per le lavorazioni di riporto i volumi di scavo in modo da non avere movimentazione di terra al di fuori delle aree di cantiere.

Occorre quindi procedere dalle sezioni stradali dove si ha lo scavo (allargamento a monte) verso le sezioni stradali dove è necessario il riporto di terreno (allargamento a valle). I rilievi eseguiti sul tracciato e la configurazione del progetto di ampliamento della strada, portano a privilegiare lo sviluppo dei lavori partendo dalla rotatoria e andando verso Ponte Buriano. Con questa direzionalità si incontrano alternativamente aree con prevalenza di scavo e successivamente aree in cui occorre il riporto.

Nei tratti della strada provinciale interessati dai lavori sarà mantenuta la continuità del traffico ordinario prevedendo, quando strettamente necessario, il senso unico alternato.

Procedere all'adeguamento della S.P. n. 56 prima dell'apertura della nuova infrastruttura al traffico, consente di operare con regimi di traffico ordinario ancora molto limitati, ovvero quelli propri del normale flusso sulla strada che collega Castelluccio a Ponte Buriano. Questo permette di limitare il disagio degli utenti nel periodo che comprende i lavori sulla provinciale.

A conclusione delle opere sulla provinciale, compresi impianti, segnaletica e opere a verde, la circolazione tornerà alla normalità su entrambi i sensi di marcia.

A questo punto la situazione sarà la seguente: tutto il tracciato in progetto è pressoché concluso. È possibile portare il traffico della S.P. n. 1 sul nuovo percorso ed eliminare il guado provvisorio (attività non compresa nel presente appalto ma da coordinare con le tempistiche dei lavori).

### 3.3.4 Fase 4 – Completamento dell'intersezione con la S.P. n. 1 e realizzazione dell'HUB

La Fase 4 è dedicata alle opere di completamento e, in particolare, alla piena messa in esercizio dello svincolo con immissione a precedenza della via per Quarata. Viene completato il collegamento ciclabile fra i due rami secati sempre della strada per Quarata e infine viene realizzato l'HUB.

È necessario precisare che il progetto dell'HUB è stato sviluppato ipotizzando il suo futuro completo assetto, comprendendo piccoli edifici per l'infopoint e/o un punto di ristoro. Le opere che effettivamente rientrano nei limiti dell'importo fornito sono la sistemazione dell'area e la realizzazione del parcheggio (nodo di scambio veicolare) con pensiline che alloggeranno l'impianto fotovoltaico.

L'ultima fase si conclude con lo smobilizzo finale del cantiere e l'eventuale ripristino delle aree temporaneamente occupate che, ad oggi, sono previste limitate sia in numero che estensione.

### 3.2 Accorgimenti realizzativi nella definizione delle fasi in relazione alla gestione delle interferenze di traffico con i tratti di raccordo

La realizzazione della rotatoria a nord dell'intervento, che connette il nuovo tracciato con la S.P. n. 56, non ha particolari difficoltà tecniche realizzative, l'attenzione sarà prestata nelle sub-fasi di costruzione che dovranno sempre garantire la continuità del traffico sul tratto stradale interessato.

Come da prassi ormai consolidata, l'intersezione a rotatoria viene realizzata costruendone prima metà, in questo caso la parte a monte, e collegandola alla strada esistente; a questo punto il traffico può essere deviato sulla parte realizzata della rotatoria.

Viene demolita la sezione stradale sottesa dall'impronta della rotonda e realizzata la seconda metà. Una volta completate tutte le parti, la rotatoria può essere aperta interamente alla normale viabilità stradale.

Lo svincolo a sud da cui parte il nuovo tracciato della S.P. n. 1, è costituito da due successive intersezioni con immissione a precedenza; la prima, quella che riguarda la prosecuzione del vecchio tracciato della provinciale dei "Sette ponti" verso Ponte Buriano; proseguendo verso nord si incontra la seconda intersezione, anch'essa con immissione a precedenza, che regola l'ingresso e l'uscita dalla S.P. n. 1 per Quarata.

Il disegno del tracciato, nella sua configurazione finale, taglia in due la strada per Quarata. L'obiettivo, durante la realizzazione dell'opera, è comunque garantire la continuità di transito del traffico veicolare da Quarata per Ponte Buriano e viceversa.

La complessità dello svincolo risiede anche nella necessità di adeguamento della quota altimetrica del ramo per Quarata nel suo punto di immissione sul nuovo tracciato. La differenza di quota è nell'ordine di 1,50 m.

Ne consegue la scelta di realizzare, già nella fase di allestimento del cantiere, un raccordo provvisorio che segue il perimetro dell'area di cantiere per riportare il traffico da Quarata verso Ponte Buriano e viceversa.

Questo permette, all'avvio dei lavori, di creare la pista di cantiere sul sedime del nuovo tracciato collegato direttamente alla S.P. n. 1 come sarà nella sua configurazione finale.

La dismissione del raccordo provvisorio ed il completamento dello svincolo sud sono previsti nell'ultima fase di cantiere. Tale configurazione, sia viabilistica che temporale, per l'esecuzione di suddetto svincolo, è coerente con i volumi di traffico che interessano la strada comunale denominata Quarata n. 2.

Il raccordo nell'abitato di Ponte Buriano viene adeguato nelle dimensioni e nell'assetto della carreggiata che vede l'inserimento degli attraversamenti pedonali con isola centrale. La realizzazione di questo svincolo, che nella sua configurazione finale non è dissimile allo stato attuale, viene eseguito contestualmente, e con le stesse modalità, alle lavorazioni sulla provinciale "dello Spicchio".

Come per il resto delle opere sulla provinciale il traffico ordinario sarà gestito con un senso unico alternato.

Ferma restando la puntuale gestione del traffico ordinario durante la realizzazione della rotatoria e delle intersezioni, occorre fare ulteriori precisazioni:

- pur non direttamente connesso al presente progetto, è noto che all'atto dell'inizio dei lavori per la realizzazione dell'opera, il ponte della Vittoria sarà già stato interdetto al traffico veicolare che viene dirottato su un ponte provvisorio detto "guado".
- il "guado" sarà necessario fino all'entrata in esercizio della nuova infrastruttura.

Premesso questo, nella gestione della viabilità da/per il cantiere, verranno utilizzati gli accessi da sud, dalla S.P. n. 1, e da nord, dalla S.P. n. 56, limitando l'attraversamento del guado con i mezzi d'opera solo a quelli strettamente necessari per passare dalla destra alla sinistra arginale.

Dopo la messa in esercizio del nuovo ponte, lo stesso sarà a servizio del cantiere fino alla fine della terza fase. Questo consentirà lo spostamento da una sponda all'altra dell'Arno senza dover passare per il guado e conterrà quindi l'impatto del transito veicolare dei mezzi di cantiere sulle strade ordinarie.

### 3.3 Sostenibilità ed ottimizzazione delle fasi realizzative in relazione alle tempistiche previste sul cronoprogramma

L'organizzazione e la sequenzialità delle fasi previste per la realizzazione delle opere, hanno tenuto conto di soluzioni atte a migliorare la sostenibilità delle attività esecutive e ad ottimizzare i tempi per il completamento dell'infrastruttura, che si prevedono in 18 mesi.

La prima delle soluzioni previste è la realizzazione del ponte nella prima fase. Questa scelta comporta:

- la possibilità di attraversamento dell'Arno entro il nono mese dall'inizio del cantiere e conseguente riduzione dell'impatto prodotto dal movimento di uomini, materiali e mezzi da una sponda all'altra del fiume passando per strade esterne al cantiere;
- ottimizzazione degli apprestamenti di cantiere con riduzione della necessità di aree di occupazione temporanea.

La realizzazione delle piste di cantiere sul sedime del tracciato di progetto è connessa ai seguenti vantaggi:

- occupazione di minori spazi per l'apprestamento delle opere funzionali al cantiere e riduzione delle opere di ripristino.

Il terreno necessario per la formazione dei rilevati viene estratto dai terreni limitrofi all'intervento. Le attività di scotico, scavo, riporto (per rilevato) e riposizionamento del terreno vegetale, vengono eseguite in modo consequenziale per successivi tratti fino al completamento dei lavori di realizzazione dei rilevati. Tale scelta si traduce nei seguenti vantaggi:

- riduzione massima dell'impatto dovuto al trasporto di ingenti volumi di terra;
- le operazioni eseguite in sequenza riducono il disagio dei proprietari dei terreni interessati dagli scavi per il prelievo dei terreni necessari che potrà quindi essere concordato anche in relazione alla stagionalità ed alla periodica presenza di colture;
- la sequenzialità comporta inoltre un ciclo continuo di scavo e ripristino riducendo la quantità di terreno vegetale da tenere a deposito e quindi l'estensione delle aree deputate all'accantonamento dello scotico.

Il legame creato nel cronoprogramma fra le attività di realizzazione dei rilevati e le opere per l'adeguamento della S.P. n. 56, comporta la razionalizzazione delle squadre specializzate (movimenti terra) e consente di ottimizzare i tempi di esecuzione "attaccando" il cantiere su più fronti.

## 4 Soluzioni progettuali e/o tecnologiche con principi legati alla sostenibilità ambientale.

### 4.1 Qualità e caratteristiche dei materiali utilizzati anche in riferimento ai criteri ambientali minimi

I Criteri Ambientali Minimi (CAM) sono i requisiti ambientali definiti 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 anche della disponibilità di mercato.

L'efficacia dei CAM è stata assicurata grazie all'art. 18 della L. 221/2015 e, successivamente, all'art. 34 recante "Criteri di sostenibilità energetica e ambientale" del D.lgs. 50/2016 "Codice degli appalti" (modificato dal D.lgs. 56/2017), che ne hanno reso obbligatoria l'applicazione.

A fronte di tale obbligatorietà è da precisare che i CAM relativi a "Servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione e manutenzione di strade" è ad oggi in corso

di definizione, pertanto verrà preso a riferimento il documento di indirizzo tecnico relativo a "Affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici" (approvato con DM 11 ottobre 2017, in G.U. Serie Generale n. 259 del 6 novembre 2017) per quanto applicabile all'infrastruttura e i CAM riferiti a "Acquisizione di sorgenti luminose per illuminazione pubblica, l'acquisizione di apparecchi per illuminazione pubblica, l'affidamento del servizio di progettazione di impianti per illuminazione pubblica" (approvato con DM 27 settembre 2017, in G.U. n. 244 del 18 ottobre 2017) per quanto attinente all'illuminazione pubblica connessa all'infrastruttura.

I CAM sono stati applicati in considerazione delle diverse scelte che vengono operate in fase progettuale e che riguardano: la scelta dei materiali; la definizione di soluzioni tecniche e tecnologie adottabili; l'organizzazione del cantiere e delle fasi lavorative.

Partendo da tali considerazioni, entriamo nel merito della valutazione degli articoli dell'allegato tecnico per i CAM dell'edilizia affini ai temi infrastrutturali.

### 2.2.2 Sistemazione aree a verde

Per la realizzazione delle opere a verde sono state adottate specie vegetali tipiche del luogo che è caratterizzato da chiazze di bosco sempreverde di varia statura e fertilità alternate nel prevalere dei boschi caducifogli. Il leccio è dominante, il contingente di altre specie mediterranee è molto ridotto; più frequenti sono piuttosto la roverella, l'orniello e il carpino nero.

I "boschetti" o plaghe presenti in quest'area, intercalate ai gruppi di roverella, meritano un atteggiamento conservativo per l'apporto di biodiversità e per la possibilità di fare espandere il leccio nei cedui di roverella.

Tutte le scelte operate sono state valutate anche in termini di necessità di manutenzione consistenti prevalentemente in interventi di controllo (es. sfalcio) precedenti al periodo di fioritura al fine di evitare la diffusione del polline.

E' stata inoltre prestata attenzione ai seguenti aspetti:

- utilizzo di specie autoctone con pollini dal basso potere allergenico;
- favorite le piante ad impollinazione entomofila, ovvero che producono piccole quantità di polline la cui dispersione è affidata agli insetti;
- evitate specie urticanti o spinose (es. *Gleditsia triacanthos* L. - *Spino di Giuda*, *Robinia pseudoacacia* L. - *Falsa acacia*, *Pyracantha* - *Piracanto*, *Elaeagnus angustifolia* L. - *Olivagno*) o tossiche (es. *Nerium oleander* L. - *Oleandro*, *Taxus baccata* L. - *Tasso*, *Laburnum anagyroides* Medik - *Maggiociondolo*);
- utilizzo di specie erbacee con apparato radicale profondo per l'ausilio alle aree verdi in corrispondenza dei rilevati.

### 2.2.3 Riduzione del consumo di suolo e mantenimento della permeabilità dei suoli

Valutando il concetto alla base del presente articolo, il progetto dell'intera infrastruttura è stato integrato con un idoneo progetto del paesaggio e del verde.

Il nuovo tracciato impone la realizzazione di nuova superficie pavimentata rispetto alla quale è stata prevista una sistemazione a verde dei rilevati che ha un'impronta a terra di uguale estensione.

Il tracciato della SP n.56, oggetto di adeguamento, viene allargato per portare la sede stradale alla dimensione adatta al diverso volume di traffico previsto. Le caratteristiche del materiale scelto sono idonee per interventi in zone apprezzabili dal punto di vista ambientale e quindi, oltre alla drenabilità che favorisce la permeabilità restituendo le acque piovane al terreno, il materiale non dovrà rilasciare sostanze inquinanti nell'acqua che lo attraversa, riducendo la necessità di interventi di trattamento delle acque meteoriche e i conseguenti gli effetti nocivi di eventuali contaminanti.

Analogo trattamento avranno tutte le superfici (HUB) destinate a parcheggio nel nodo di interscambio previsto.

Tra le lavorazioni già individuate come maggiormente impattanti ci sono i movimenti terra necessari per la realizzazione dei rilevati del nuovo tracciato che anticipa e segue il ponte, e gli interventi in parte di scavo e in parti di riempimento che seguono l'adeguamento della SP n.56.

In particolare per il nuovo tracciato, la soluzione studiata per minimizzare il trasporto di consistenti volumi di terreno consiste in una prima fase di scotico che interessa l'ambito agricolo contermina al sedime del tracciato, lo scavo per il

recupero dei volumi di terra necessari e il ripristino delle superfici agricole riposizionando il terreno vegetale. Tali operazioni vedranno pertanto l'accantonamento in cantiere dello scotico in aree protette da possibili fattori inquinanti per non comprometterne le caratteristiche chimico-fisiche, biologiche prima del riuso (vedi fasi di cantiere).

La stessa operazione verrà eseguita anche per le lavorazioni sulla SP n.56 dove il bilancio delle terre sarà pressoché nullo. Anche in questo caso lo scotico sarà utilizzato per le sistemazioni a verde ed il ripristino delle superfici modificate.

A completamento di quanto detto, è utile sottolineare che nella valutazione delle alternative progettuali inerenti alle intersezioni sono state privilegiate le soluzioni che favorivano un minor uso del suolo (vedi relazione sulle alternative progettuali).

#### 2.2.8.1 Viabilità

Le prescrizioni inerenti al presente articolo sono riferibili a due specifiche situazioni di progetto:

- gli attraversamenti pedonali con isola centrale;
- organizzazione degli spazi destinati all'HUB.

Per quanto riguarda gli attraversamenti ciclopedonali, questi sono stati previsti nella SP n.56 lungo il tracciato in corrispondenza dell'innesto di percorsi turistici.

Ulteriori attraversamenti sono previsti in corrispondenza del centro abitato di Ponte Buriano.

Tutte le isole centrali come pure le asole di raccordo tra le carreggiate laddove ricorre il caso, verranno realizzate con pavimentazioni di tipo "freddo". L'esiguità degli spazi interessati presuppone l'utilizzo di materiali quali pietra

chiara o acciottolato che non richiedano puntuali manutenzioni proprio per ovviare alla necessità di interventi che, in porzioni così limitate, sarebbero antieconomici facilmente dimenticati.

L'area destinata ad HUB sarà caratterizzata per quanto riguarda i percorsi ciclopedonali, ma soprattutto per quanto riguarda gli stalli delle automobili, dall'utilizzo di pavimentazioni drenanti quai grigliati erbosi. L'HUB, destinato a divenire il nodo di interscambio funzionale alla fruizione turistica dell'area, sarà attrezzato per la sosta e la manutenzione di emergenza delle bici in caso di guasto improvviso.



Figura 32 – Colonnina attrezzata per la manutenzione delle biciclette.

#### 2.2.8.2 Raccolta, depurazione e riuso delle acque meteoriche

La nuova arteria è stata pensata, oltre che per rispondere alle esigenze funzionali proprie del presente intervento, come occasione per migliorare lo status quo andando ad abbattere l'impatto degli inquinanti sull'ambiente. Anziché disperdere direttamente le acque di piattaforma, come accade nella viabilità attuale, le acque provenienti da superfici scolanti soggette a inquinamento (nuovo ponte e relativa strada di collegamento) vengono preventivamente convogliate in sistemi di depurazione e disoleazione, di tipo naturale, prima di essere immesse nei recettori finali.

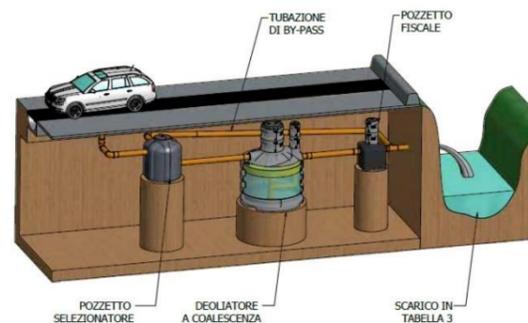


Figura 33 – Schema del sistema di trattamento delle acque

Per quanto riguarda in particolare il nuovo ponte, questo è dotato di caditoie con griglie per la raccolta delle acque piovane provenienti dal dilavamento della carreggiata stradale. Tali acque, caratterizzate dalla presenza degli inquinanti dovuti al traffico veicolare, vengono convogliate in un collettore situato al disotto dell'impalcato, all'interno

del guscio di rivestimento. Le acque vengono così portate verso le spalle dove, assieme alle acque raccolte dalle canalette poste al piede dei rilevati, sono poi convogliate in un sistema di trattamento delle acque di prima pioggia per essere trattate, prima di venire immesse nei recettori finali o, eventualmente, riutilizzate per scopi irrigui.

I sistemi di trattamento delle acque di tipo naturale consistono in un filtro con sabbia con funzioni di filtrazione e accumulo delle acque di prima pioggia per la rimozione di inquinanti e sedimenti prima di essere rilasciate.

#### 2.2.8.4 Aree di raccolta e stoccaggio materiali e rifiuti

Le disposizioni previste, inadatte ad un'infrastruttura esclusivamente viaria, sono tuttavia applicabili nei percorsi dedicati alla mobilità lenta.

Vengono posizionati pertanto lungo i tracciati dedicati ai ciclisti e ai pedoni dei cestini per la raccolta dei rifiuti cosiddetti "da passeggio".

Nell'HUB, che invece si configura come punto di sosta oltre che di interscambio fra i diversi tipi di mobilità, verrà dedicata un'area destinata alla raccolta differenziata locale dei rifiuti coerente con i regolamenti comunali di gestione degli stessi.

#### 2.2.8.6 Sottoservizi/canalizzazioni per infrastrutture tecnologiche

La realizzazione di una nuova infrastruttura stradale è seguita dall'infrastrutturazione dell'area dal punto di vista delle reti presenti.

Nel caso specifico, dalla trattazione degli impianti elettrici previsti ed in relazione alla filosofia di progetto che ha portato alla minimizzazione dei consumi su tutta la tratta oggetto dei lavori, emerge la non necessità di portare cavi per l'alimentazione elettrica nel tratto di nuova realizzazione, ivi compreso il nuovo ponte.

Tuttavia, già in questa fase, è stato prevista la posa di tubature a servizio di futuri impianti a rete che si rendessero necessari e di tutti i pozzetti di ispezione utili per futura posa o manutenzione degli stessi.

#### 2.2.9 Infrastrutturazione secondaria e mobilità sostenibile

Il presente articolo, che fa esplicito riferimento a contesti urbanizzati, viene riletto nell'ambito delle opere riferibili all'infrastruttura di Ponte Buriano nella qualità della rete dedicata alla mobilità lenta.

Come già descritto, il progetto dell'infrastruttura è stato pensato in modo organico con l'obiettivo di liberare aree di interesse ambientale e culturale dall'attraversamento degli autoveicoli rafforzando e sostenendo la vocazione turistica e la godibilità "lenta" dei percorsi.

A tal fine fanno parte dell'intervento:

- la realizzazione del percorso ciclopedonale in affiancamento al tracciato della SP n.56;
- la valorizzazione del percorso sulla SP n.1 che comprende il Ponte della Vittoria;
- l'idea di realizzare un Percorso museale all'aperto"

- gli attraversamenti in sicurezza per connettere i percorsi esistenti e di progetto con la rete più ampia della ciclo mobilità provinciale;
- l'idea di realizzare un punto di servizio – HUB – dedicato ai fruitori dei percorsi ciclabili;
- la valorizzazione dei punti di accesso all'"anello museale" a nord e a sud, attraverso l'utilizzo del verde.

### 2.5.3 Prestazioni ambientali

L'impatto ambientale derivante dalle attività di cantiere può essere relazionato a due fattori:

1. la tipologia e la sequenza delle lavorazioni;
2. l'organizzazione propria del cantiere.

#### Tipologia e sequenza delle lavorazioni

In parte tali fattori discendono da scelte fatte in sede progettuale in funzione delle quali è possibile minimizzare le interferenze con l'ambiente circostante.

Alcuni impatti sono invece direttamente relazionati all'organizzazione propria del cantiere e alla "virtuosità" dell'impresa esecutrice.

Partendo dai fattori che possono essere trattati già in fase progettuale, occorre entrare nel merito della tipologia di opere da eseguire e del tipo di lavorazioni necessarie.

Trattandosi di una infrastruttura che per il tratto di nuova realizzazione, si colloca su un rilevato significativo sia per altezza che per estensione, la lavorazione di maggior impatto è sicuramente individuabile nei movimenti terra.

Le modalità operative con le quali verrà concretizzato il bilanciamento degli scavi per la realizzazione dei rilevati e l'accantonamento per il riuso dello scotico, sono stati meglio dettagliati nel paragrafo relativo alle fasi di esecuzione delle opere.

Ciò che è interessante sottolineare, in quanto afferente al presente articolo dei CAM, è che tale scelta diventa strategica per la minimizzazione dell'impatto in termini di emissioni di polveri, inquinanti e rumore.

L'altra soluzione che si allinea alla necessità di minimizzare l'impatto generato dalle lavorazioni risiede nella scelta di realizzare come prima opera il nuovo ponte.

La possibilità di attraversamento dell'Arno durante i lavori costituisce una condizione imprescindibile per limitare gli spostamenti anche all'interno dello stesso cantiere laddove sia necessario raggiungere apprestamenti che si trovano sulla sponda opposta.

Ulteriore elemento di attenzione è costituito dalla realizzazione delle opere di fondazione del nuovo ponte in prossimità dell'alveo del fiume.

Sulla base delle informazioni ad oggi in nostro possesso e in base alle sollecitazioni provenienti dal ponte, si può ipotizzare che le fondazioni delle pile e delle spalle vengano realizzate su pali di grande diametro.

Per pali di tali dimensioni non esistono tecnologie costruttive senza asportazione di terreno. Per il sostegno delle pareti di scavo dei pali si propone però di ricorrere all'utilizzo di tubi di rivestimento provvisori al posto delle usuali tecnologie che utilizzano i fanghi bentonitici. Tale soluzione permette di evitare potenziali fenomeni di

inquinamento delle falde e delle acque dell'Arno dovuti all'impiego dei fanghi e ai conseguenti processi di dissabbiatura e rigenerazione degli stessi.

#### Organizzazione propria del cantiere

L'organizzazione del cantiere dipende prima di tutto dall'impresa esecutrice, sia in termini di capacità proprie, sia dalle modalità produttive ed organizzative che propone all'atto dell'affidamento dell'appalto.

Sarà comunque redatto fra i documenti di progetto esecutivo, un Capitolato Generale d'Appalto nel quale le indicazioni fornite dal presente articolo diventano cogenti per lo specifico appalto.

Tali indicazioni riguarderanno:

- l'utilizzo di mezzi e macchine almeno nella categoria EEV (veicolo ecologico migliorato);
- idonee installazioni (fisse o mobili) per limitare la propagazione di polveri e rumori;
- misure idonee per la raccolta e la differenziazione dei rifiuti in cantiere;
- misure atte a garantire il risparmio idrico e la gestione delle acque reflue nel cantiere;
- .....

Questo solo a titolo indicativo e esemplificativo.

### 2.2.8.5 Impianto di illuminazione pubblica

I criteri di progettazione degli impianti rispondono a quelli contenuti nel documento di CAM "Illuminazione" emanati con D.M. 23 dicembre 2013 (Supplemento ordinario nella Gazzetta Ufficiale n. 18 del 23 gennaio 2014) e s.m.i.

Tali criteri si riferiscono sia alle specifiche tecniche degli apparecchi di illuminazione – paragrafo 4.2.3 – che a tutti gli elementi di progetto – capitolo 4.3 – andando dalle prestazioni energetiche dell'impianto alla determinazione di fattori specifici (ad esempio la regolazione del flusso luminoso). Come si evince nel testo della presente relazione le indicazioni fornite nello specifico CAM sono stati adeguatamente valutate, adottate e ove possibile migliorate in termini prestazionali e di impatto ambientale.

## 4.2 Aspetti acustici

### Verifica acustica

Inserire una nuova infrastruttura nel territorio comporta una modifica dell'assetto delle fonti di rumore. Sulla base dei dati relativi al volume di traffico forniti a base gara (TGM di circa 11.000-12.000 veicoli/giorno) si ritiene opportuno approfondire il tema acustico anche in relazione alla eventuale necessità di prevedere delle mitigazioni che possano integrarsi con il progetto paesaggistico, evitando così l'inserimento successivo dei classici pannelli stradali fonoassorbenti.

La norma tecnica stabilisce di individuare il traffico medio orario giornaliero come TGM/24 (=500 V/h), ma considerando la grande variabilità oraria del traffico con Origine/Destinazione il capoluogo, si stabilisce di ipotizzare un traffico orario nelle ore di punta determinato sulla base di una breve indagine diretta. Analogamente la frazione di traffico pesante è stimata come una frazione del traffico complessivo.

Al momento della realizzazione dell'opera in progetto si assume che le varianti al Piano Strutturale siano state adottate ed approvate, per cui i limiti di rumore ammessi sono quelli previsti dal D.P.R. 30 Marzo 2004, n. 142, che per il progetto in esame possono comportare i seguenti limiti:

- CASO a) il nuovo tracciato è qualificato come "Nuova Viabilità" per cui i limiti sono quelli della *Tabella 1* allegata D.P.R. citato.
- CASO b) il nuovo tracciato è qualificato come "Variante di Viabilità Esistente" per cui i limiti sono quelli della *Tabella 2* allegata al D.P.R. citato.

Evidentemente nella attuale simulazione preliminare saranno tenuti a confronto entrambi i limiti. Si riporta uno stralcio del *Piano Comunale di Classificazione Acustica* e la relativa *Legenda* (vedi fig. 34).

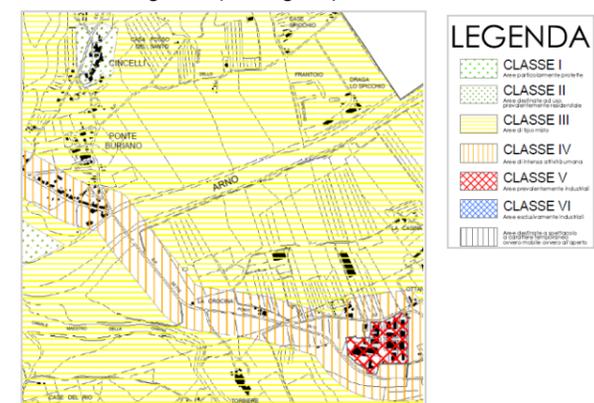


Figura 34 – Piano Comunale di Classificazione Acustica

Come è evidente la fascia di territorio di pertinenza della Strada Provinciale n° 1 (limitata a 100 metri dall'asse della singola corsia) è in Classe IV (compreso lo svincolo di collegamento "Sud" della nuova viabilità), mentre tutto il restante territorio interessato dal progetto ricade in Classe III. È evidente che con l'approvazione del progetto dovrà essere adottata una variante del PCCA che inserisca la fascia prevista dalla normativa nazionale per la viabilità.

Per quanto riguarda l'adeguamento della SP 56 "Dello Spicchio", anche in questo caso il PCCA attuale colloca la porzione finale della SP da adeguare in Classe III, ma anche considerando la variante di PCCA come acquisita, i maggiori volumi di traffico determinano ingombro di rumore superiore ai limiti di immissione per la Classe III.

Per la presenza diffusa di accessi carrabili risulta decisamente critica la realizzazione di una barriera antirumore che diverrebbe sostanzialmente inefficace per la mitigazione del disturbo da rumore, pertanto si ipotizza, in questa analisi preliminare, di istituire un limite di velocità a 30 km/h per il tratto terminale della viabilità adeguata e tale caratteristica sarà inserita nelle simulazioni preliminari per misurare il rumore previsto ai ricettori considerati.

#### Calcolo preliminare

Si adottano due diverse formule sperimentali semplificate per la determinazione del rumore emesso dalla sorgente lineare "Traffico stradale"; la diffusione del rumore è poi calcolata con un programma proprietario i cui algoritmi sono desunti da "Noise and Noise Control" di L.L. Beranek – McGraw Hill 1961.

Evidentemente le singole scelte, per individuare i diversi parametri occorrenti, saranno effettuate con l'intenzione di assicurare la massima protezione dei ricettori possibilmente disturbati.

In prima analisi:

- Non si considera il clima acustico attuale in relazione ai tratti di viabilità non interessati dal progetto.
- Non si considera il possibile incremento di traffico conseguente alla apertura della nuova viabilità per i tratti non interessati dal progetto.
- L'inserimento dell'adeguamento della SP 56 nell'abitato di Ponte Buriano appare decisamente complesso e, in prima analisi, si privilegiano sistemi di riduzione del rumore da traffico mediante:
  - a. Utilizzo di asfalto ad emissione di rumore mitigato,
  - b. Inserimento di passaggi pedonali a raso marciapiede
  - c. Istituzione di un limite di velocità a 30 km/h.
- La direttività della sorgente è supposta assente.
- L'emissione di rumore è isotropa.
- Si ammette un contributo positivo per le riflessioni sulle superfici orizzontali.
- Si ammette un contributo positivo per le riflessioni sulle pareti del ricettore stesso.
- Si trascura sia la riduzione prodotta dal rilassamento molecolare dell'aria, che del gradiente termico.
- Si ipotizzano condizioni atmosferiche normali (cielo sereno, vento inferiore ai 4 m/s, temperatura 20°C, umidità relativa 60%).

#### Ricettori

Ricettore 1 Ricettore 5 Ricettore 2 Ricettore 3 Ricettore 4



I dati di interesse per ciascun ricettore sono riepilogati nella seguente tabella:

Ricettore n°	Ric. 1	Ric. 2	Ric. 3	Ric. 4	Ric. 5
Tipologia	Abit.	Abit.	Abit.	Artig.	Abit.
Distanza (metri)	14.00	27.50	54.00	68.00	115.00
Dislivello (metri)	3.00	3.00	3.00	6.00	3.00
Velocità del tratto stradale di riferimento	30.0 km/h	70.0 km/h	30.0 km/h	90.0 km/h	70.0 km/h
Leq Calcolo 1 Day dB(A)	70	74	70	76	74
Leq Calcolo 2 Day dB(A)	68	72	68	74	72
Leq Calcolo 1 Night dB(A)	62.50	68	62.50	69	68
Leq Calcolo 2 Night dB(A)	59.50	66	59.50	67	66

I risultati delle diverse simulazioni preliminari sono riepilogati nella seguente tabella:

Ricettore n°	Ric. 1	Ric. 2	Ric. 3	Ric. 4	Ric. 5
Calcolo 1 Day	64.5	<b>66.0</b>	60.6	<b>65.9</b>	61.7
Calcolo 2 Day	62.5	64.0	58.6	63.9	59.7
Calcolo 1 Night	<b>57.1</b>	<b>60.0</b>	53.1	<b>59.0</b>	55.7
Calcolo 2 Night	54.1	<b>58.0</b>	50.1	<b>57.0</b>	53.7
Limiti diurno NUOVA	65	65	65	65	65
Limiti diurno Variante	70	70	70	70	70
Limiti notturno NUOVA	55	55	55	55	55
Limiti notturno variante	60	60	60	60	60

Considerando i valori utilizzati (evidentemente di massima cautela) e considerando l'incertezza della normativa applicabile, sottolineando che nel tratto terminale della SP 56 adeguata, nella rotatoria Nord e nello svincolo sud di immissione si ritiene corretto porre il limite di velocità a 30,0 Km/h, i valori di rumore possibilmente immesso in facciata agli edifici risulta superiore ai limiti di Legge solo nella zonizzazione attuale del Piano Comunale di Classificazione Acustica (solo in assenza della variante al PCCA), tutti i valori della simulazione sono conformi alla Legge in casi di modifica del Piano Comunale di

Classificazione Acustica con previsione di nuova zonizzazione del tracciato di variante della SP 1.

In ogni caso i valori in eccesso sono modesti e possono essere considerati risolti e resi perfettamente compatibili con la zonizzazione attuale (Classe III per l'attuale SP 56) prevedendo:

- la riduzione di rumore offerto dall'utilizzo di asfalto acustico,
- la riduzione della velocità inserita in progetto preliminarmente per la presenza di riduzioni connesse alla presenza di svincoli, rotatorie, intersezioni o passaggi pedonali.

#### 4.3 Efficienza energetica

##### 4.3.1 Bilancio energetico

Gli spetti trattati e dettagliati precedentemente per il nuovo ponte, in questo paragrafo sono ripresi dando indicazioni più ampie sull'intero tracciato, hanno portato alla possibilità di calcolare l'effettivo valore dei consumi e di dimensionare l'impianto fotovoltaico al fine proprio del bilanciamento dei consumi.

Nella tabella si riporta pertanto il calcolo effettuato:

Apparecchi illuminanti				
Posizioni	Tipologia	Potenza nominale (W)	Quantità	Potenza totale (W)
Ponte	Palo con pannello FV integrato (autoalimentato)	40	8	320
Intersezioni	Palo con ottica stradale (ALIMENTATO DA RETE)	75	28	2100
Attraversamenti pedonali	Palo con ottica per attraversamenti (ALIMENTATO DA RETE)	75	10	750

Tabella riepilogativa consumi/produzione	
Ore di accensione giornaliera senza sistema adattivo	12 h
Giorni di accensione all'anno	365 gg/anno
<b>Stima energia assorbita annua senza sistema adattivo</b>	<b>14454 kWh</b>
Stima risparmio energetico con illuminazione adattiva	25,00%
<b>Stima energia assorbita annua effettiva</b>	<b>10840,5 kWh</b>
<b>Stima produzione energia annua impianto fotovoltaico 18 kW (20° incl. Orientamento 80°)</b>	<b>19000 kWh</b>

<b>Potenza complessiva apparecchi alimentati da rete</b>	<b>2.850w</b>
----------------------------------------------------------	---------------

<b>Potenza con maggiorazione 15% per sistemi ausiliari arrotondata</b>	<b>3.300w</b>
------------------------------------------------------------------------	---------------

Dai dati riportati consegue che:

<b>Stima energia assorbita annua effettiva</b>	<b>10.840,50 kWh</b>
<b>inferiore a</b>	

<b>Stima energia prodotta annua per impianto fotovoltaico da 18kW</b>	<b>19.000,00 kWh</b>
-----------------------------------------------------------------------	----------------------

##### 4.3.2 Sistema adattivo di regolazione della luce

La norma EN 13201 definisce che l'Illuminazione adattiva consiste in variazioni controllate nel tempo della luminanza o dell'illuminamento in relazione al flusso di traffico (per esempio numero di veicoli passanti ogni 5 minuti), orario del giorno o della notte, condizioni meteorologiche o altri parametri. Quindi i concetti fondamentali espressi dalla norma sono legati a tre parametri sensibili: luminanza (o illuminamento), flusso veicolare, condizioni meteorologiche. Oggi le nuove tecnologie sono in grado di misurare questi parametri e quindi regolare l'illuminazione IN TEMPO REALE in funzione di essi: in tempo reale vuol dire che l'illuminazione, in accordo alla norma, è garantita sulla base delle misurazioni effettuate in quel preciso momento, e non è affidata a cicli di funzionamento pre-programmati. Questi ultimi, infatti, normalmente vengono determinati sulla base di valutazioni statistiche, e come tali non possono tenere conto di condizioni di pericolo derivanti da condizioni meteo avverse o da avvenimenti particolari, o da traffico particolarmente intenso. Quindi la norma UNI 11248 apre il campo ad una regolazione in tempo reale del flusso luminoso, basata su un controllo ad anello chiuso retroazionato, per raggiungere due importanti obiettivi: il massimo risparmio energetico e la massima sicurezza.

Vengono introdotti i concetti di regolazione discreta (TAI - Traffic Adaptive Installation) e di regolazione continua (FAI - Full Adaptive Installation).

La prima viene realizzata quando il/i sensori in campo sono in grado di misurare il solo flusso veicolare. In questo caso la norma dà la possibilità di utilizzare i concetti già espressi nelle versioni precedenti della UNI 11248, ma in tempo reale, quindi appena i parametri sono stabilizzati si può ridurre il flusso luminoso di una categoria illuminotecnica quando il traffico è sceso del 50% rispetto al valore di portata della strada e di due categorie illuminotecniche quando il flusso è sceso sotto il 75%. La principale differenza è che questo può avvenire subito, in base alle misure, anche all'accensione. La regolazione continua invece consente di adattare in modo continuo il flusso luminoso all'entità del traffico, ma questo può essere fatto se e solo se vengono misurate anche le condizioni meteorologiche e la luminanza. Le condizioni meteorologiche possono essere un fattore debilitante importante: si pensi alla variazione di uniformità in caso di strada bagnata, oppure alla scarsa visibilità in caso di nebbia, o all'abbagliamento in caso di neve. Ma anche la

misura della luminanza è determinante, in quanto in caso di regolazione continua è possibile ridurre fino a 3 categorie illuminotecniche il flusso luminoso, cosa non prevista mai dalle norme, ma solo a condizione che ci sia certezza che le condizioni meteo siano buone e che la luminanza dell'impianto sia quella di progetto. È infatti fondamentale, quando si va a livelli così bassi (si pensi che -3 categorie significa dare la possibilità di esercitare gran parte delle strade in ME6), essere sicuri che il malfunzionamento di un apparecchio o semplicemente la sporcizia o il decadimento del flusso luminoso o anche la variazione del manto stradale, non portino a valori inferiori a quelli prescritti dalle norme. Un grande e ambizioso passo avanti verso la vera illuminazione intelligente, che si adatta da sola alle condizioni ambientali, rispettando le normative.

Applicazioni al presente progetto

Nell'ambito del progetto del nuovo ponte e della relativa viabilità occupano un posto di rilievo i concetti di elevato standard prestazionale e di massima sostenibilità energetica dell'opera.

Tali concetti trovano perfetta applicazione pratica nel sistema di controllo intelligente degli impianti di illuminazione stradale.

Gli impianti d'illuminazione stradale saranno infatti eseguiti comprendendo un sistema di regolazione che realizzerà la funzione "TAI" prevista dalla norma UNI 11248.

Si prevede quindi, per la parte d'impianto "in campo", di installare i seguenti componenti principali di sistema:

- Sensori di traffico da installare in punti strategici per la rilevazione del traffico veicolare (vedere foto sotto): rilevano il flusso del traffico in tempo reale e informano il sistema centrale che può in tal modo provvedere alla regolazione dei singoli punti luce;
- Moduli di comunicazione da installare a bordo di ciascun apparecchio illuminante: responsabili della comunicazione all'apparecchio del livello di regolazione stabilito dai moduli regolatori centrali;
- Moduli da installare presso i quadri elettrici: sono adibiti all'invio dei comandi di regolazione verso i componenti a bordo palo e alla ricezione dei segnali da questi ultimi in caso di avaria, malfunzionamento, guasto temporaneo.

Focalizzando l'attenzione sul sensore di traffico veicolare, si fa presente che tale apparecchio può essere fornito sia come solo sensore del traffico sia come multisensore (per rilevare la luminanza effettiva e le condizioni meteo), oppure è possibile aggiungere, anche in un secondo momento, l'opzione di sensoristica aggiuntiva permettendo al sistema di gestione di passare da una funzionalità inizialmente configurata come TAI ad una come FAI, per raggiungere la vetta delle prestazioni in termini di controllo e telegestione.

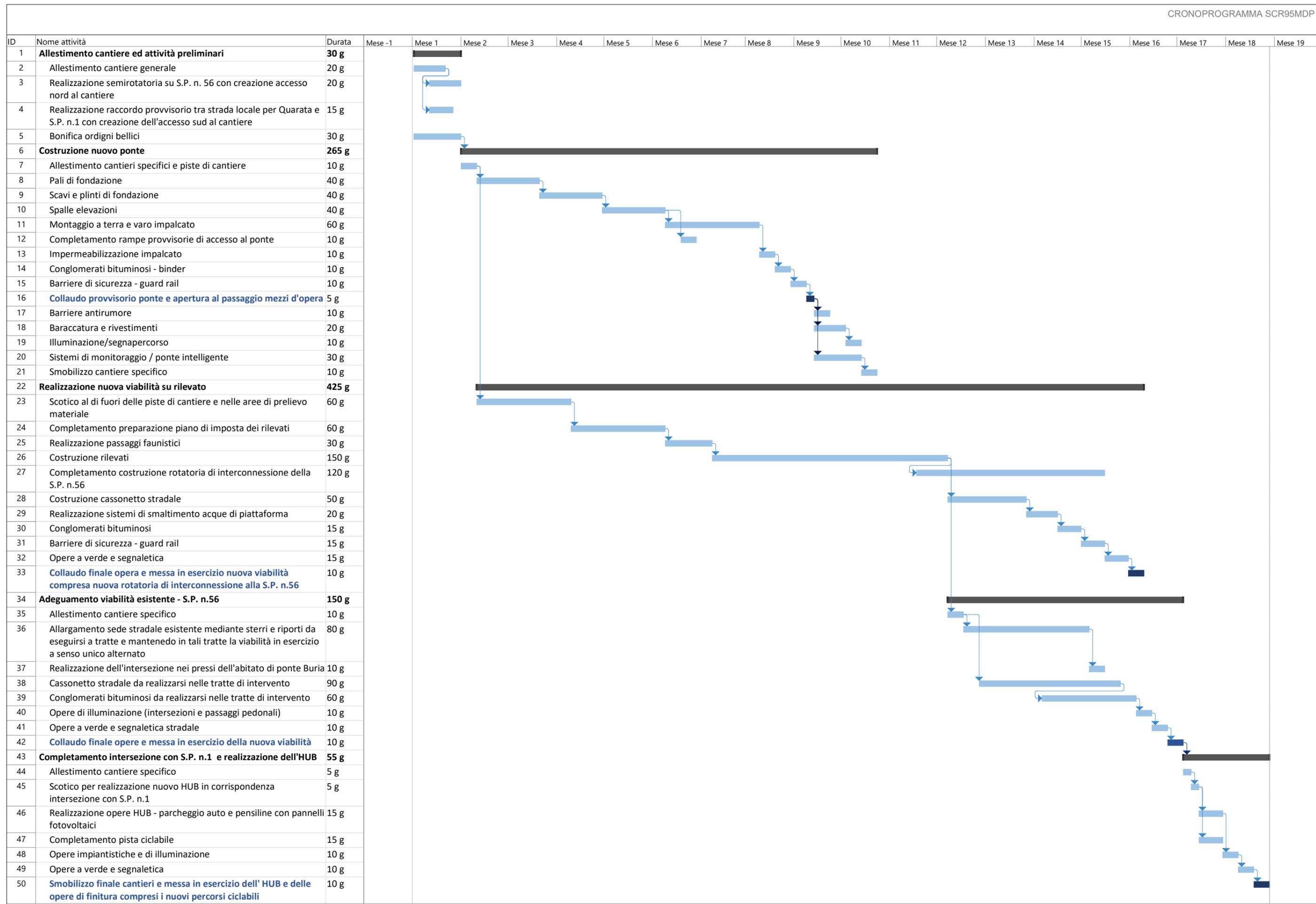
Rispetto alla tradizionale regolazione per cicli orari, il sensore ha mostrato, in ambito sperimentale, di poter aggiungere un ulteriore 50% di risparmio energetico a quanto già ottenibile con i tradizionali sistemi di regolazione, a seconda dei parametri che l'utente finale decide di impostare nell'algoritmo di controllo.

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

CUP I 1 2 C 2 0 0 0 2 1 0 0 0 1 CIG 8 6 2 1 4 4 4 0 A 9

---

**CRONOPROGRAMMA**



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

CUP I 1 2 C 2 0 0 0 2 1 0 0 1 CIG 8 6 2 1 4 4 4 0 A 9

---

**VERIFICA DI COERENZA CON IL PROGRAMMA FUNZIONALE**

**VERIFICA DI COERENZA CON IL PROGRAMMA FUNZIONALE**

<b>PROGRAMMA FUNZIONALE - DPP</b>	<b>SOLUZIONI PROPOSTE COERENTI CON LE ESIGENZE ESPRESSE</b>
<p><b>1 PRINCIPI GENERALI</b></p> <p>Realizzazione di una nuova infrastruttura necessaria a garantire il collegamento fra Arezzo e l'area del Valdarno Superiore bypassando il tratto che attualmente attraversa Ponte della Vittoria. La posizione del nuovo ponte e della relativa viabilità di collegamento dovrà essere prevista entro l'ambito di intervento evidenziato nella documentazione fornita a supporto della progettazione. L'individuazione della zona, a monte del ponte romanico, consente una drastica riduzione dell'impatto paesaggistico delle nuove opere nel contesto previsto.</p>	<p><b>La nuova infrastruttura è stata realizzata entro l'ambito di intervento previsto.</b></p> <p>Il tracciato <b>risponde alla necessità di creare un nuovo collegamento viabilistico</b> che consenta di indirizzare la mobilità veicolare dal vecchio tracciato della SP n. 1 verso un nuovo attraversamento dell'Arno, per riconnettersi poi alla SP n. 56 fino alla località Ponte Buriano.</p> <p>Gli interventi pertanto prevedono la realizzazione del <b>nuovo tracciato con il nuovo ponte e l'adeguamento del tratto della SP n. 56</b> compreso fra la rotatoria di innesto con il nuovo tracciato e l'intersezione all'interno dell'abitato di Ponte Buriano. Tutte le quote altimetriche di progetto sono state determinate partendo dal livello di massima piena dell'Arno definito a quota 208,50 s.l.m. Ogni parte dell'intervento, in particolare le intersezioni e la rotatoria, sono state studiate negli aspetti tecnici, connessi alla normativa propria della viabilità per la categoria stradale C2, per gli aspetti ambientali, con attenzione allo studio paesaggistico, acustico ed energetico, in modo da <b>garantire il rispetto del territorio.</b></p> <p>In coerenza con le esigenze espresse l'infrastruttura si trova a circa 855 m più a monte rispetto allo storico Ponte della Vittoria, <b>il rapporto visivo tra il "vecchio" e il "nuovo" si conferma così tale da non interferire con la valenza delle preesistenze e con il pregio naturalistico intrinseco dell'area,</b> tenendo conto anche della presenza della Riserva Naturale di Ponte Buriano e Penna.</p>
<p><b>2 PRINCIPI SPECIFICI DEL NUOVO PONTE</b></p> <p>Intrinseco pregio architettonico che contribuisca alla valorizzazione dell'area.</p> <p>Garanzia per forma, materiali e tecnologie del rispetto sostanziale delle qualità ambientali e paesaggistiche dell'area.</p> <p>Capacità di dialogo senza prevaricazioni definendo un rapporto visuale armonioso con gli elementi già presenti nel sito, con particolare riferimento a quelli di rilevanza storica e simbolica ed urbanistico - architettonica (Ponte Buriano). Innovatività e qualità architettonica che possa divenire una nuova immagine simbolica della Provincia.</p>	<p>Il nuovo ponte è stato pensato sia nell'aspetto formale che, per i materiali utilizzati come un'opera che possa esprimere <b>contemporaneità e innovazione, senza prevaricare il contesto naturale ed il pregio</b> storico delle preesistenze.</p> <p>L'andamento ondulatorio del profilo associato ad un rivestimento che cattura e rimanda le variazioni cromatiche del contesto, rende il nuovo ponte un'opera <b>rappresentativa della capacità di rileggere forme e contenuti dei luoghi attraversati senza entrare in competizione con gli stessi.</b> Lo sviluppo in 5 campate del nuovo ponte si ispira agli archi ribassati su cui si appoggia Ponte della Vittoria.</p> <p><b>Alla caratteristica materica massiva del ponte esistente si contrappone la leggerezza della nuova struttura</b> nella quale le scelte tecniche e tecnologiche non potevano non collocarsi nel tempo attuale. La <b>"presenza" del preesistente diventa "l'assenza" del nuovo.</b> Il rivestimento in lamiera riflettente non consente infatti un'univoca caratterizzazione cromatica del nuovo ponte; esso muta con il mutare delle stagioni e con il variare della luminosità nelle diverse ore del giorno.</p> <p>Il ponte è stato pensato in modo da <b>valorizzare anche lo spazio "sotto il ponte"</b>. In particolare, <b>una pila viene trasformata e alla sua naturale funzione di appoggio/sostegno del ponte si unisce il ruolo di valorizzazione del passaggio ciclo-pedonale.</b> La forma ad arco e le <b>sedute integrate creano un punto di sosta</b> per i fruitori; il <b>rivestimento con inerti fotoluminescenti</b> realizza una sorta di scultura identificativa del luogo. Uno spazio che riporta il visitatore al rapporto fra l'infrastruttura e il fiume. L'utilizzo di elementi fotoluminescenti, in diverse declinazioni, diventa un carattere distintivo e rappresentativo dell'intero intervento: utilizzato <b>nel percorso turistico, definito "Percorso museale all'aperto"</b>, indica e unisce diversi punti di interesse; <b>nel rivestimento della pila,</b> che sottende il percorso arginale, diventa l'elemento di unione fra l'infrastruttura e il fiume; nel ponte appare come <b>una linea luminescente,</b> che ne valorizza la presenza durante la notte. Le scelte descritte, che rappresentano un'evoluzione rispetto a quanto presentato nella prima fase del concorso, rispondono ad una tematica importante: ovvero la <b>miglior definizione del rapporto visivo dell'opera con il contesto e l'approfondimento dei temi legati all'impatto ambientale.</b> Lo sviluppo progettuale dello studio delle pile ha consentito di migliorare il rapporto fra la struttura del ponte e il suo immediato intorno, realizzando un'opera unica e dedicata al luogo in cui si inserisce. La ricerca di un miglior rapporto con l'ambiente circostante, perseguendo sempre l'obiettivo di minimizzare l'uso di luce ed energia (limitato alle zone dove per norma è necessario) ha portato all'idea di <b>connotare tutto ciò che fosse in diretta correlazione con l'ambiente naturale con una luminescenza diffusa anch'essa naturale.</b></p>
<p><b>3 PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELL'INFRASTRUTTURA VIARIA</b></p> <p>La realizzazione della infrastruttura stabile dovrà essere accompagnata dalla riorganizzazione funzionale complessiva della relativa viabilità di accesso, comprese eventuali rotatorie che conetteranno il nuovo ponte alla viabilità principale in sinistra e destra idrografica.</p> <p>Le proposte progettuali dovranno estendere la riflessione progettuale alle modalità per ottimizzare in termini di localizzazione ed assetto le due rotatorie (o prevederne la sostituzione con nuove intersezioni o altre soluzioni alternative), garantendone la funzionalità specifica delle stesse e la più efficiente articolazione della viabilità di collegamento con il nuovo ponte e la viabilità esistente.</p> <p>L'infrastruttura dovrà acquisire un ruolo strategico anche per l'organizzazione dei percorsi pedonali e ciclabili, che già interessano, e sempre più coinvolgeranno, l'area del fiume.</p> <p>Le proposte ideative dovranno quindi sviluppare adeguatamente il tema della mobilità ciclo-pedonale, che non interesserà direttamente il ponte, ma lo studio sarà da riferirsi al tratto della S.P. n. 1 Setteponti con adeguato raccordo ai percorsi ciclo-pedonali esistenti ed in progetto nell'area.</p> <p>Occupare con opere la minor porzione di territorio e la possibilità di avere la disponibilità delle aree necessarie dal minor numero possibile di proprietari.</p>	<p>Il tema delle intersezioni stradali è stato studiato attentamente, valutando diverse alternative al fine di ottenere il miglior risultato in merito alla funzionalità, alla sicurezza, all'uso del suolo ed alla fattibilità anche in relazione al minor impatto con la viabilità durante la realizzazione delle opere. Ne conseguono le seguenti scelte:</p> <p><b>L'intersezione tra la SP n. 1 Setteponti e il nuovo tracciato</b> viene realizzata con <b>un'immissione laterale a precedenza in luogo della rotatoria.</b> Questo consente di dare adeguata <b>gerarchia</b> alle strade in relazione alle diverse qualità di percorrenza. Consente di poter evidenziare la <b>differenza fra i percorsi;</b> consente di realizzare un <b>accesso privilegiato</b> verso il percorso dedicato al <b>museo all'aperto.</b></p> <p>La <b>connessione tra il nuovo ponte e la SP n. 56</b> è una <b>rotatoria a tre bracci;</b> la scelta della rotatoria è funzione della caratteristica paritetica delle tre strade confluenti. Come per l'intersezione prima descritta, il ramo della rotatoria che riporta sulla SP n. 56 in direzione Ponte Buriano viene valorizzato per indicare l'accesso ad un ambito di interesse culturale.</p> <p>L'ultima intersezione, quella che riporta la <b>SP n. 56 sulla SP n. 1</b> è caratterizzata dalla localizzazione all'interno del nucleo abitato di Ponte Buriano. In questo caso si è ritenuto di mantenere l'intersezione integrata con <b>attraversamenti pedonali con isola centrale</b> per indurre il guidatore al naturale rallentamento dell'andatura. Lo scopo di adeguare la velocità durante il transito, è stato ottenuto con diversi accorgimenti (tipo attraversamenti con isola) <b>evitando le conseguenze dell'inserimento della rotatoria, che implicherebbero ad esempio un maggior uso del suolo e l'interferenza del tracciato stradale con le abitazioni circostanti.</b> Anche in questo caso viene resa facilmente percepibile la gerarchia delle strade ed evidenziato l'accesso al tratto che prosegue per il Ponte della Vittoria.</p> <p>La scelta di <b>non inserire un percorso ciclo-pedonale nella nuova infrastruttura</b> è il primo punto forte per la <b>valorizzazione del tracciato della SP n. 1</b> esistente della quale viene così <b>sottolineata la nuova vocazione turistica e dedicata alla mobilità lenta.</b></p> <p>L'assetto vegetazionale studiato nell'intersezione sulla sinistra arginale per l'accesso alla SP n. 1 e nella rotatoria sulla destra arginale nel ramo della SP n. 56 in direzione Ponte Buriano, <b>evidenzia la presenza di una rete di percorsi dedicati al turismo ciclo-pedonale e di punti di interesse storico, artistico e naturalistico.</b> L'allargamento della SP n. 56 prevede la realizzazione di un percorso ciclo-pedonale su sede dedicata a valle del tracciato viario della strada stessa. Lo studio della rete dei percorsi esistenti viene coordinato con gli interventi previsti attraverso l'inserimento di idonei attraversamenti pedonali che collegano la pista ciclabile a tali tracciati.</p> <p>Il <b>nuovo tratto ciclopedonale</b> che si va così a creare, si sviluppa sul vecchio sedime della SP n. 1, attraverso Ponte Buriano, riprende sulla SP n. 56 fino alla rotatoria di intersezione con il nuovo tracciato. Nella rotatoria viene previsto l'attraversamento che suggerisce la prosecuzione sulla SP n. 56 in direzione Castelluccio. Questo apre a future ipotesi di ulteriori interventi di integrazione del tracciato sulla SP n. 56 per il completamento della rete ciclabile.</p> <p>Infine, quale integrazione al complesso della rete analizzata, è stata pensata la realizzazione di un <b>HUB</b> all'intersezione sud. Questo punto ha la funzione di <b>nodo intermodale auto-bici-pedoni</b> fra le diverse tipologie di percorrenza e può essere occasione per inserire servizi dedicati.</p> <p>Il tracciato di nuova realizzazione, pur rispettando l'indicazione nel posizionamento desunta dal DPP, è stato leggermente modificato in <b>relazione ai confini delle proprietà presenti.</b> Dalla sovrapposizione con la CTR si è tenuto conto dei confini delle proprietà esistenti ed il tracciato è stato adeguato al fine di ridurre la frammentazione. La scelta di optare per intersezioni in luogo di rotatorie sia sulla sinistra arginale che in corrispondenza dell'abitato di Ponte Buriano ha consentito di <b>ridurre l'occupazione di aree e quindi la necessità di espropri.</b></p>
<p><b>4 RISPETTO DELLE CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'INFRASTRUTTURA STRADALE</b></p> <p>Adeguatezza della nuova infrastruttura ai volumi di traffico presenti (TGM di circa 11.000/12.000 veicoli/giorno.) ed ai carichi normalmente circolanti.</p> <p>Le nuove infrastrutture viarie dovranno rispettare le specifiche tecniche previste con riferimento alle strade di categoria "C2" ai sensi del D.M.I.T. del 5 novembre 2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" e ss.mm. e ii.</p> <p>Le intersezioni andranno progettate in conformità alle norme di cui al D.M. Infrastrutture Trasporti 19 aprile 2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali", con riferimento alle intersezioni tra strade di categoria "C".</p>	<p>L'intervento proposto va ad interessare due tratte stradali: la SP n.1, per la quale il nuovo tracciato in variante è assoggettato alle definizioni del DM 05/11/2001 e la SP n.56 ove, trattandosi di adeguamento di strada esistente, le citate norme non sono cogenti, bensì obiettivo a cui riferirsi (DM 22/04/2004). Le due situazioni sono commentate separatamente. Riguardo alla <b>SP n.1</b> i criteri di progettazione comprendono la <b>realizzazione di una piattaforma stradale di tipo C2</b> con larghezza delle corsie e banchine nel rispetto delle richieste, per una sezione trasversale complessiva pari a 9,50 m. Le pendenze trasversali sono contenute nel massimo del 7%, mentre la pendenza longitudinale più elevata è dell'ordine del 5%, ampiamente al di sotto del limite superiore definito dalla norma. Le <b>velocità di progetto sono definite nel range 60-100 km/h</b> con alcuni tratti in cui il limite massimo di velocità sarà imposto <b>in coerenza con le distanze di visibilità per l'arresto e per ridurre l'impatto sulla struttura del sistema agricolo.</b></p> <p>Riguardo alla <b>SP n.56</b> essa sarà <b>oggetto di allargamento,</b> per poter disporre di una <b>superficie pavimentata di larghezza pari a 10,50 m,</b> pertanto superiore a quella richiesta per la sezione di tipo C2. La proposta vede il mantenimento di due corsie da 3,50 m e una riduzione delle banchine laterali a 0,50 cm. Ciò permette di <b>affiancare alla strada un percorso ciclo-pedonale di larghezza pari a 2,50 m.</b> L'andamento planimetrico e altimetrico ricalca il tracciato esistente, salvo l'inserimento di alcuni <b>nuovi raccordi planimetrici,</b> introdotti per ottenere curve di raggio compreso tra i 150 e i 200 m, ove oggi il valore presente è nettamente inferiore. Ciò <b>incrementa la visibilità</b> in tali punti in cui sarà, comunque, imposto un limite di velocità pari a 60/70 km/h in funzione della curva adottata.</p> <p>La soluzione progettuale proposta comprende due situazioni che, nella norma di riferimento corrispondono a ben specifiche definizioni:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) una soluzione a rotatoria posizionata alla testata nord del nuovo tratto in variante della SP n.1 con la SP n.56;</li> <li>2) tre soluzioni con immissione laterale a precedenza al flusso principale.</li> </ol> <p>La soluzione a rotatoria si configura come <b>"rotatoria convenzionale"</b>, categoria superiore tra quelle previste dalla norma (con diametro esterno compreso tra 40 e 50 m), la cui dimensione si approssima al livello inferiore del range identificato, con un diametro esterno dell'ordine dei 40 m, tale da <b>contenere l'uso di suolo nei limiti richiesti dalla funzionalità del sistema in relazione ai carichi che dovrà supportare.</b> I tre rami che convergono nella rotatoria saranno dotati di ingressi e uscite a singola corsia, delle dimensioni definite dalla norma, così come a singola corsia, della larghezza di 6 m.</p> <p><b>Le intersezioni a precedenza non richiedono l'integrazione con corsie specializzate,</b> condizione che potrà essere eventualmente valutata con l'ente gestore a riguardo del nodo tra la variante alla SP n.1 e l'innesto dalla viabilità per Quarata.</p>

Dovrà essere prevista l'illuminazione pubblica sui tratti ritenuti rilevanti (ponte e roatorie).

La collocazione, il numero e la tipologia delle apparecchiature stradali dovranno essere tali da rispondere alle indicazioni delle norme UNI 11248 e UNI EN 13201-2, con la definizione di categorie illuminotecniche adeguate e perseguire i valori minimi di luminanza, illuminamento, uniformità e controllo dell'abbagliamento.

Per gli attraversamenti pedonali si dovrà fare riferimento alla Specifica Tecnica UNI/TS 11726:2018. Le tipologie illuminotecniche dovranno perseguire gli obiettivi di riduzione dell'inquinamento luminoso come da UNI 10819 L.R. Toscana n° 37 del 21 marzo 2000, Attuazione D.G.R.T. n.815 del 27/08/2004, L.R. Toscana n° 39 del 24 febbraio 2005 e ss.mm.ii.

## 5 ASPETTI RELATIVI ALLA TUTELA AMBIENTALE E PAESAGGISTICA

Tutela del contesto ambientale, storico e paesaggistico e riduzione dell'impatto paesaggistico delle nuove opere nel contesto del ponte medievale.

Dovranno essere rispettati, nei casi imposti dalla norma, i criteri minimi ambientali adottati con D.M. 24/12/2015 e ss.mm.ii.

L'illuminazione interessa tutte le zone di conflitto tra manovre, sia dei mezzi che circolano sul tracciato oggetto di progettazione, sia valutando le interferenze laterali (immissioni o attraversamenti) determinate dalle esigenze del contesto.

Si identificano **due tipologie di conflitto** principale: quella che si realizza nelle **intersezioni stradali**, siano esse a roatoria o ad immissione a precedenza e quella determinata dalla presenza di **attraversamenti pedonali e ciclabili**, volti a servire il sistema urbano posto in prossimità della SP n.1, alla testata sud del nuovo tratto in variante, nonché della SP n.56 a Ponte Buriano.

L'illuminazione delle intersezioni è prevista con **posizionamento di punti luce perimetrali**, specificatamente orientati a garantire il maggior flusso luminoso sulle zone di conflitto tra le manovre, prima tra tutte i punti di immissione nel flusso principale a partire dalla viabilità laterale.

Per le intersezioni a precedenza e i rami che vi concorrono la categoria illuminotecnica di ingresso è assunta da norma pari a M2, per giungere all'applicazione di una categoria di progetto pari a M3, con una luminanza media pari a 1,0 cd/m<sup>2</sup>. Per le roatorie si assumeranno categorie della serie C, con una caratterizzazione di esercizio di C3, con un illuminamento medio pari a 15 lux. La categoria illuminotecnica di esercizio potrà essere ulteriormente ridotta in funzione del flusso effettivo di veicoli grazie ad un **sistema di illuminazione adattivo**. Il sistema di illuminazione adattivo sarà realizzato in modo che in caso di guasto gli apparecchi illuminanti vengano regolati automaticamente al loro flusso luminoso nominale. Agli attraversamenti pedonali, intendendo come tali sia le tratte su piattaforma stradale, che le aree di approccio al movimento, sarà applicato un illuminamento medio pari a 90 lux. Per quanto riguarda il ponte, la sua parte più sensibile è identificata alle testate, in cui sarà quindi concentrata la presenza di punti di illuminazione.

Dal punto di vista strettamente connesso ai vincoli presenti sul territorio, **permangono le interferenze rilevate nel DPP in merito all'attraversamento di zone di interesse archeologico**; tale interferenza non poteva essere utilmente risolta; si conferma pertanto l'obbligo, in sede di progetto, di approfondimento dello specifico studio archeologico delle aree interessate dal tracciato e di della produzione della documentazione necessaria alla richiesta di autorizzazione paesaggistica presso gli enti competenti. Per quanto riguarda le zone vincolate ai sensi dell'art. 142, comma 1, lettera f) - *i parchi e le riserve nazionali o regionali, nonché i territori di protezione esterna dei parchi* – la scelta operata sull'intersezione a sud tra il nuovo tracciato e la SP n.1 Setteponti ha consentito l'allontanamento delle opere da tali aree che **non sono pertanto più interessate dall'interferenza prevista con la realizzazione della roatoria**.

Vengono utilizzati alcuni articoli dei **CAM per "Affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici"** (approvato con DM 11 ottobre 2017, in G.U. Serie Generale n. 259 del 6 novembre 2017) per quanto applicabili. I criteri che sono stati seguiti nella fase di ideazione dell'opera, come descritto nella relazione tecnico – descrittiva, sono: 2.2.2 *Sistemazione aree a verde*; 2.2.3 *Riduzione del consumo di suolo e mantenimento della permeabilità dei suoli*; 2.2.8.1 *Viabilità*; 2.2.8.2 *Raccolta, depurazione e riuso delle acque meteoriche*; 2.2.8.5 *Impianto illuminazione pubblica*; 2.2.8.6 *Sottoservizi/canalizzazioni per infrastrutture tecnologiche*; 2.2.9 *Infrastrutturazione secondaria e mobilità sostenibile*; 2.5.3 *Prestazioni ambientali*.

## 6 ASPETTI REALIZZATIVI

### **Minimizzazione dell'impatto sull'ambiente in relazione alle scelte progettuali.**

Il nuovo tracciato **avrà delle ricadute positive dal punto di vista culturale e nello sviluppo turistico dell'area** con evidenti riflessi economici sull'indotto del settore. Valorizzare il tratto di strada che conduce a Ponte della Vittoria diventerà il **fattore propulsivo per tutto il turismo ciclabile** della rete esistente e futura.

Il **rilevato** su cui si colloca il nuovo tracciato rappresenta una **cesura del territorio**, che influisce negativamente sulla continuità dei **corridoi naturalistici**. Per tale motivo **nel rilevato sono stati inseriti degli attraversamenti faunistici, che consentono di dare continuità agli spostamenti di piccoli animali favorendo la naturale ricchezza faunistica e il mantenimento dell'attuale biodiversità**. A questo viene associato un idoneo progetto del verde, che ha la funzione propria di "invito" verso questi passaggi artificiali.

Dal punto di vista idraulico, il nuovo ponte è stato progettato, come detto, tenendo conto del livello di massima piena dell'Arno. Le pile della campata centrale, con luce di 70 m, non interessano l'alveo del fiume. Tale soluzione **garantisce che il nuovo ponte non costituisca un'ostruzione al corso d'acqua**. Altro tema significativo riguarda il rapporto dell'infrastruttura con l'assetto idraulico dell'area. Nelle ipotesi di futura programmazione di interventi relativi al rischio idraulico, le aree interessate dall'intervento saranno destinate a divenire casse di esondazione. Non avendo in questa fase informazioni maggiori o diverse, si è ritenuto che il progetto del tracciato non potesse essere integrato a futuri interventi di natura idraulica; pertanto l'attenzione è stata posta ad evitare che il **nuovo tracciato e la conseguente infrastrutturazione dell'area interferisse con l'assetto idraulico presente e futuro**.

La progettazione è stata accompagnata da uno **studio acustico preliminare** volto a **verificare l'impatto della modifica della viabilità**. Ne emerge che, dal punto di vista acustico **non sono rilevabili particolari problematiche**, non essendo presenti recettori sensibili in prossimità nel nuovo percorso. Altresì una maggiore attenzione deve essere posta alla SP n. 56. Nel tratto prossimo al centro abitato, le **scelte progettuali sono mirate ad indurre la riduzione della velocità** che, associata all'**utilizzo di asfalti fonoassorbenti, riducono l'impatto acustico**.

L'**illuminazione del tracciato è stata progettata in relazione alla sicurezza degli attraversamenti e delle intersezioni**. La scelta dei **corpi illuminanti** e l'utilizzo di sistemi tecnologici di **illuminazione adattiva** consentono di **abbattere l'inquinamento luminoso**.

### **Minimizzazione degli impatti in relazione alle modalità realizzative.**

L'impatto generato dalla realizzazione delle opere è in parte **gestito attraverso una corretta organizzazione del cantiere**, che verrà definita in sede di affidamento delle opere con idoneo capitolato.

Nel caso del presente intervento il fattore maggiormente impattante riguarda **la quantità di movimenti terra necessari per la realizzazione dei rilevati che interessano la maggior parte del nuovo tracciato**. I movimenti terra generano vari tipi di inquinamento, in particolare polvere e rumore. **La soluzione è reperire in loco i volumi necessari**. Si ipotizza di intervenire direttamente sulle superfici limitrofe ai rilevati con la modellazione dei terreni adiacenti. Ovviamente queste lavorazioni dovranno essere definite di concerto sia con i proprietari dei terreni sia con gli enti competenti al fine di non ingenerare delle criticità idrauliche e di portare quindi un beneficio a tutte le parti interessate. Per l'adeguamento/ampliamento della sede stradale della **SP n. 56 il bilancio delle terre fra scavi e rinterrati è nullo**.

### **Minimizzazione degli impatti relativi alla manutenzione e gestione dell'opera.**

Gli aspetti manutentivi più significativi riguardano il nuovo ponte e le opere a verde. La semplicità della struttura del nuovo ponte implica la **necessità di ordinari interventi di manutenzione**. L'**ispezionabilità e la sostituibilità degli appoggi è garantita**.

La **sensoristica prevista all'interno del ponte consentirà altresì di monitorare in continuo il comportamento della struttura** resistente in modo da garantire interventi straordinari in caso di rilevamento di parametri anomali nelle misurazioni acquisite.

Le scelte operate per le numerose **opere a verde** previste lungo tutto il tracciato sono state fatte in funzione di ridurre la necessità di intervento sulle stesse. Si è optato per specie autoctone, resistenti e che richiedano minimi interventi di manutenzione e potatura. Già in fase progettuale è stata prestata **attenzione ai consumi energetici** direttamente connessi all'illuminazione del tracciato. A seguito del calcolo dei consumi sono stati dimensionati i **pannelli fotovoltaici** ubicati nell'HUB, in modo da ottenere l'**autosostentamento energetico dell'opera**.

Privilegiare l'uso di materiali presenti in loco

La maggior parte dei materiali (cemento, acciaio, asfalti ecc.) è disponibile in impianti prossimi alla zona di realizzazione dell'opera; sia gli approvvigionamenti, che le diverse fasi realizzative, saranno gestiti in relazione alla **minimizzazione dell'impatto con la viabilità ordinaria**.

## 7 ASPETTI ECONOMICI E TEMPORALI

Contenimento dei costi e dei tempi realizzativi delle opere.

Il **rispetto dell'importo previsto per la realizzazione dell'opera** è stato ottemperato attraverso l'attenta definizione delle scelte progettuali. Tale vincolo ha stimolato la ricerca di soluzioni che consentissero di rispondere alle esigenze esposte ottimizzando i costi corrispondenti. L'impatto di queste soluzioni si ripercuote ovviamente anche **nell'ottimizzazione dei tempi di costruzione delle opere**, che trarranno un notevole vantaggio anche dalla proposta di realizzare in prima fase il ponte, con conseguente **collegamento tra le sponde dell'Arno** già in fase di cantiere. Soluzione questa che abbatte drasticamente i tempi di spostamenti all'interno dell'area dei lavori.

Il minor costo necessario per la demolizione e il ripristino dei luoghi in corrispondenza delle opere temporanee realizzate

La cantierizzazione e la sequenza realizzativa proposta, che prevede in prima fase la costruzione del ponte, permettono di **evitare la costruzione e la successiva demolizione di opere provvisoriale** per l'attraversamento dell'Arno in fase costruttiva, garantendo nel contempo la continuità del cantiere tra le due sponde con evidenti **vantaggi legati al fatto di poter operare prevalentemente all'interno dell'area di cantiere e limitando quindi le interferenze con il contesto limitrofo**. Le principali piste di cantiere verranno realizzate sui sedimi dei rilevati di progetto, venendo quindi conglobate successivamente all'interno delle opere definitive. Gli altri allestimenti di cantiere (uffici di cantiere, baraccamenti etc...) verranno invece realizzati con moduli prefabbricati leggeri, che verranno facilmente asportati al termine dei lavori. I piazzali di stoccaggio dei materiali e di parcheggio dei mezzi verranno invece realizzati in materiale stabilizzato, previo scotico del terreno agrario, che sarà successivamente riposizionato nel medesimo sedime ad opera finita. **L'insieme delle soluzioni proposte permetterà quindi di minimizzare i costi per la demolizione e il ripristino dei luoghi in corrispondenza delle opere provvisoriale**.

Le principali proposte che porteranno all'ottimizzazione dei costi di manutenzione sono:

- Impiego di materiali ad **elevata durabilità**, che necessitano di una minor frequenza degli interventi di manutenzione;
- Impiego nel ponte di un **sistema integrato di monitoraggio** dello stesso, che consentirà di intervenire in maniera mirata e tempestiva;
- Utilizzo di **apparecchi illuminanti ad alta durabilità e sistemi autoalimentati** solo dove indispensabili per motivi normativi;
- Impiego di **materiali che non necessitano di manutenzione (fotoluminescenti)** per la segnalazione dei percorsi ciclopedonali.

Ottimizzazione dei costi di manutenzione

Nell'analisi dei costi di gestione è da specificare che l'impianto di illuminazione funzionerà con lo scambio sul posto dell'energia. Per tale motivo l'impianto fotovoltaico è stato sovradimensionato del 100% rispetto al fabbisogno energetico. Questo consentirà nel breve periodo di avere oltre ad un **bilancio energetico** positivo anche un **bilancio economico** fra energia ceduta e acquistata.

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

CUP I 1 2 C 2 0 0 0 2 1 0 0 0 1 CIG 8 6 2 1 4 4 4 0 A 9

---

**DOCUMENTO DI VALUTAZIONE DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI**

## Documento di valutazione delle alternative progettuali

### IL NUOVO TRACCIATO DELLA SP 01

La discussione relativa al un nuovo percorso in variante alla SP01, assume come punto fisso la distanza, già concordata dagli enti di varia competenza, tra il manufatto in via di progettazione e il manufatto storico del vecchio ponte.

Dalla definizione del punto di scavalco dell'Arno si è proceduto all'osservazione delle funzioni presenti nelle fasce di territorio da riconnettere. Un territorio ad uso agricolo, con una propria connotazione riguardo dell'orientamento dei fondi, alla suddivisione delle colture e alla collocazione di fossi o canali. La componente delle residenze è presente in prossimità dell'innesto a sud della nuova viabilità e lungo la via per Quarata.

La scelta del tracciato è apparsa dunque tra due alternative principali. Una, quella già posta a base di bando; l'altra, una soluzione che potesse rappresentare un andamento più armonico della strada, ridurre il frazionamento di aree omogenee, in considerazione anche delle esigenze di quota (realizzazione di rilevati) dovute alle criticità idrauliche.

Il tracciato, quindi, è stato scelto perseguendo la seconda soluzione considerata più idonea.

Nella fascia di territorio in sponda destra il tracciato è, invece, sostanzialmente coerente con quanto già posto a base di bando, salvo una leggera traslazione dello stesso in maggior prossimità di un filare alberato.

### INTERSEZIONE A ROTATORIA TRA IL NUOVO TRACCIATO E LA S.P. 56

La testata nord del nuovo tracciato è un punto nevralgico di connessione alla S.P.56. Qui viene confermato un assetto a rotatoria tra le due strade. Questa configurazione rispetta sia il ruolo gerarchico che la proprietà amministrativa delle strade che vi convergono.

Sul versante della gerarchizzazione, la rotatoria tende ad equiparare il ruolo delle strade che vi si innestano, in cui gli approcci hanno la stessa priorità di precedenza. Ciò, quindi, è perfettamente coerente con i flussi movimentati dai vari rami e una unitarietà gerarchica delle strade, come nel nostro caso.

La valutazione si è orientata sulla dimensione richiesta ove, diverse prove, hanno portato a dimensionare il diametro esterno dell'ordine tra i 35 e i 40 m, impostato in prima battuta al limite superiore ovvero collocando la rotatoria a cavallo delle due classi che la norma di riferimento definisce come "rotatorie compatte con diametro esterno compreso tra 25 e 40 m" e "rotatorie convenzionali con diametro esterno compreso tra 40 e 50 m". La dimensione scelta si presenta equilibrata rispetto al carico veicolare previsto sul nodo.

### INTERSEZIONE A PRECEDENZA AL FLUSSO PRINCIPALE

Per quanto riguarda la testata a sud ci si è quindi orientati ad un assetto che facesse emergere maggiormente il ruolo gerarchico dell'asse principale della S.P. n.1.

Il combinato di conseguenze assegnate alla realizzazione della rotatoria, alle sue dimensioni e all'equilibrio dei flussi da essa gestiti ha condotto alla valutazione di soluzioni diverse.

La rotatoria avrebbe avuto tre dei quattro rami in un solo quadrante (o poco più), con immissioni e uscite vicine tra loro, tali da richiedere un'estensione del raggio esterno, per la sola necessità di realizzare adeguati raccordi tra l'anello e i rami concorrenti. Oltre a ciò, il ramo afferente al vecchio tratto di S.P. n.1 determinerebbe sul sistema un apporto di carico marginale come anche l'apporto del ramo da e per Quarata (vedi fig. 1).

Alla luce di tali considerazioni si è modificato l'approccio con cui trattare l'intersezione.

Anticipando il punto di stacco del nuovo tracciato rispetto alla previsione di DPP si permette una più equilibrata sinuosità del tracciato e si va a costruire due intersezioni che si caratterizzano per il diverso ruolo, entrambe trattate con immissioni laterali con diritto di precedenza al flusso veicolare principale lungo la provinciale.

L'intersezione che condurrà al ponte storico è orientata a far percepire la diversa qualità del ramo laterale, caratterizzato come punto di partenza di un percorso "nobile".

Un secondo nodo si realizza invece all'intersezione tra la via per Quarata e il nuovo tracciato dove la connotazione è più da nodo viario che richiede solamente di garantire una adeguata visibilità (vedi fig. 2).

Una valutazione di assetto a rotatoria è stata ipotizzata anche per l'organizzazione dell'intersezione tra il nuovo tracciato e la viabilità per Quarata, dove la scelta non è stata tuttavia adottata come preferita, proprio a fronte del forte sbilanciamento dei flussi veicolari tra l'asse di percorrenza principale e il ramo locale che vi converge. Qualora eventuali mutate esigenze lo richiedessero anche su questo nodo la soluzione di tracciato non esclude la possibile introduzione della rotatoria, benché ciò richieda una attenta progettazione in merito alle pendenze con cui i rami convergerebbero nel nodo, rimanendo essi nei limiti definiti dal contesto normativo (vedi fig. 3).

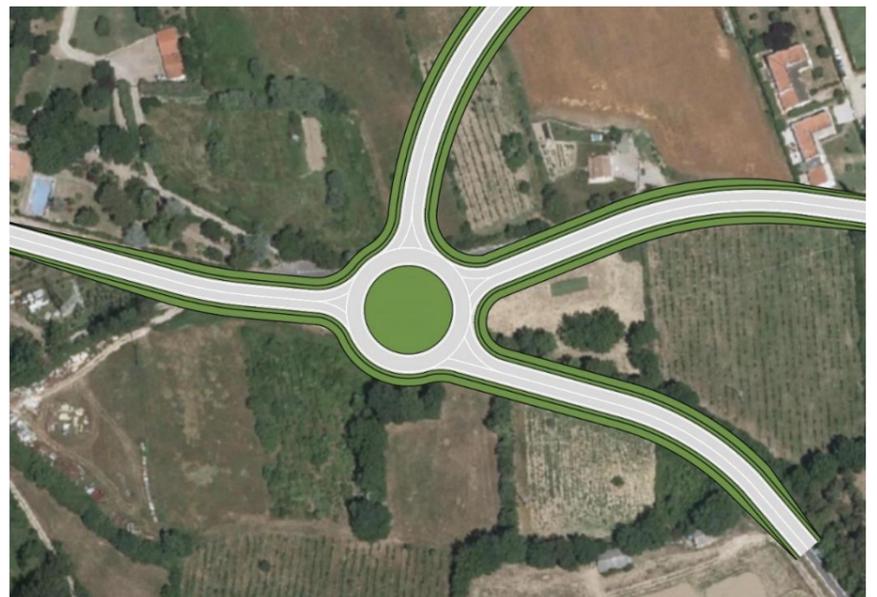


Figura 1 – Intersezione a rotatoria alla testata sud del tracciato – ipotesi DPP



Figura 2 – Intersezione a precedenza alla testata sud del tracciato - progetto



Figura 3 – Intersezione a rotatoria fra il nuovo tracciato e la via per Quarata – alternativa al progetto.

### IL TRACCIATO DELLA SP56 E IL NODO DI PONTE BURIANO

Altro ambito di progettazione è quello connesso all'adeguamento del tracciato della SP56 sul quale non sono state attuate particolari scelte, trattandosi di strada già in esercizio. L'allargamento è piuttosto l'occasione di lavorare su alcune curve esistenti per l'innalzamento della visibilità e quindi della sicurezza, evitando comunque eccessive linearità di percorso non coerenti con la tipicità del tessuto connettivo locale.

Più importante invece è stata la discussione sulla dimensione dell'adeguamento e sui percorsi in affiancamento. Ovvero se intraprendere un adeguamento verso una

configurazione di tipo C2, non obbligatorio su strada esistente, o se sviluppare un intervento che limitasse l'occupazione stradale.

La scelta finale è orientata alla versatilità e alla possibile evoluzione futura.

La sede viaria seppur ampliata è inferiore alla tipologia C2 ed è affiancata da un percorso destinato alla circolazione ciclopedonale sulla quale però è prevista una pavimentazione di portanza adeguata al carico stradale. Questo consentirà che in futuro possa essere ripensata ottenendo una completa sezione di tipo C2.

#### INTERSEZIONE A ROTATORIA

Il tema dell'intersezione a rotatoria del nodo a Ponte Buriano, si pone anche in questo contesto in quanto tale soluzione è prevista nel DPP.

Tra le alternative progettuali è stata sperimentata la rotatoria, con diametro esterno dell'ordine dei 35 m in corrispondenza dell'abitato di Ponte Buriano. La scelta del diametro è condizionata dalla presenza di un edificio isolato a cui è asservita un'ulteriore costruzione adibita a probabile magazzino. La realizzazione della rotatoria avrebbe avuto tra le implicazioni la demolizione del manufatto accessorio, nonché l'avvicinamento della strada al fabbricato principale.

Anche qui si è quindi seguito lo schema concettuale già applicato nel nuovo tracciato perseguendo un'idea diversa da quella della soluzione a rotatoria.

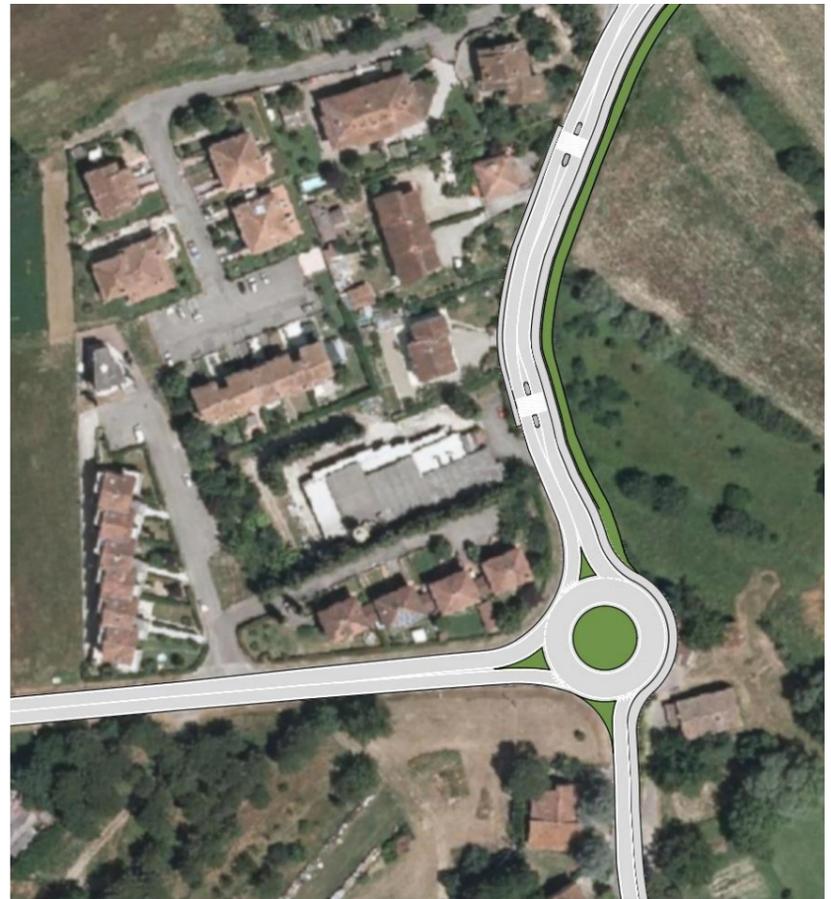


Figura 4 – Intersezione a rotatoria nel nodo a Ponte a Buriano – alternativa progettuale

#### PRECEDENZA AL FLUSSO PRINCIPALE

Il nodo tra la SP56 e la SP01 all'interno di Ponte Buriano si realizza quindi con un innesto a precedenza al flusso principale delle due strade provinciali.

Non è stata rilevata la necessità di realizzare un'intersezione più articolata in considerazione del contenuto apporto di traffico proveniente dal borgo. La viabilità a senso unico all'interno delle due vie del borgo, oggi parte della SP01, ma in futuro declassate, permetterà di affiancare al servizio stradale ulteriori spazi che potranno rispondere anche a diverse esigenze.

Le modalità di disegno dell'inserimento dalla viabilità locale sono realizzate in modo da garantire, a chi si immette, una buona visibilità dei veicoli che sopraggiungono da entrambe le direzioni del tracciato principale, in un punto in cui esso presenta una curva a 90° e a raggio piuttosto contenuto.

La presenza di tale curva è stata parte della discussione sulle alternative, in quanto una soluzione a rotatoria del nodo avrebbe rappresentato un punto di rottura del tracciato, rendendo meno evidente il cambio repentino di direzione. Tale approccio è stato sostituito dalla realizzazione di una calmierazione coerente con il contesto urbano dei flussi in arrivo specialmente dalla SP56, tale da far sì che la velocità di approccio risultasse compatibile con l'andamento della curva.

È stata così ipotizzata una sequenza di attraversamenti pedonali, dotati di aiuola spartitraffico centrale, tali da garantire l'attraversamento in sicurezza da parte dei residenti e contemporaneamente indirizzati ad indurre un rallentamento dei veicoli in arrivo.

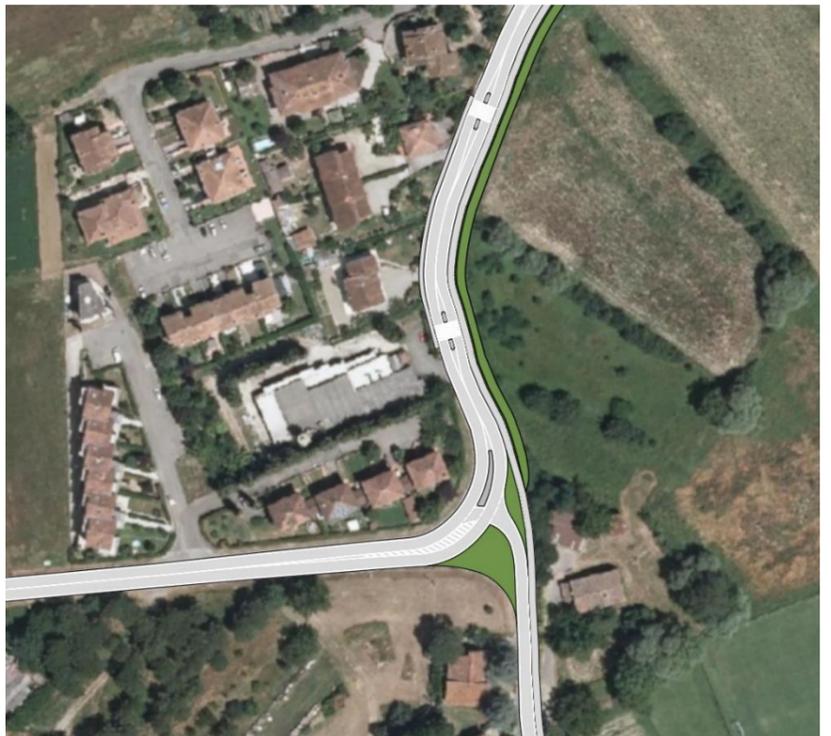


Figura 5 – Intersezione a precedenza nel nodo a Ponte a Buriano – progetto

#### RETTIFICA DEL TRACCIATO DELLA SP 56 IN PROSSIMITÀ DELL'INTERSEZIONE

Il tema della presenza di funzioni residenziali nel tratto finale della SP56 ha portato ad ulteriori sviluppi di discussione, da cui è emersa una ipotesi interessante ma non inserita all'interno della proposta progettuale, in quanto impattante, pur se risolutiva di talune importanti problematiche. La sua valutazione richiederebbe un confronto con gli enti competenti che non poteva realizzarsi in questa fase progettuale.

L'integrazione si realizzerebbe con la realizzazione di un tratto in variante della SP56, tale da allontanare il suo tracciato dalle abitazioni che oggi vi si affacciano direttamente con i loro accessi. Ciò configurerebbe il crearsi di un tratto di viabilità locale che andrebbe a servire le sole abitazioni, il quale verrebbe quindi connesso al tracciato stradale principale grazie ad un unico accesso concentrato, riducendo pertanto i livelli di interferenza delle immissioni e degli attraversamenti e innalzando, di conseguenza, il livello di sicurezza della circolazione.

Il tratto in variante permetterebbe di ammorbidire il raggio della curva che oggi porta chi proviene dalla SP56 ad impegnare la SP01, tema che nella configurazione proposta è stato appunto affrontato indirizzandosi verso una calmierazione del flusso.



Figura 6 – Intersezione a precedenza nel nodo a Ponte a Buriano con rettifica del tracciato – alternativa progettuale

**IL NUOVO PONTE**

Per quanto riguarda il progetto del nuovo ponte, le indicazioni presenti nel DPP hanno dato ampio spazio alla valutazione di diverse tipologie strutturali.

**Ponte a campata singola**

Lo schema statico di ponte a campata unica fu subito escluso per ragioni compositive ma, soprattutto, idrauliche e strutturali. La luce unica in semplice appoggio lunga circa 70 m avrebbe comportato carichi in fondazione troppo elevati in relazione alle scendenti

caratteristiche meccaniche del terreno. Inoltre, l'estensione del rilevato fino alle spalle del ponte avrebbe ridotto la trasparenza idraulica dell'intervento. La campata in semplice appoggio avrebbe infine richiesto spessori strutturali di 3.5-4.0 m che in relazione alla limitata lunghezza del ponte avrebbero appesantito inevitabilmente il prospetto. Si sarebbe dovuto optare per altre tipologie strutturali, come l'arco, meno originali e la cui forma non è stata ritenuta adatta all'unicità del luogo e al significato che si è voluto dare all'intervento.

La scelta si è quindi orientata sul ponte continuo a più campate.

**PONTE A TRE CAMPATE**

In prima battuta si valutò di realizzare un ponte a tre campate, complessivamente lungo 140 m con luci 35.0 – 70.0 – 35.0 m

Tale campitura fu dettata da esigenze formali di armonizzazione e simmetria del prospetto.

Tuttavia la lunghezza delle campate laterali non fu sufficiente ad equilibrare l'effetto della campata centrale, con il risultato che in alcune condizioni di carico gli appoggi di spalla sarebbero risultati tesi. In questi casi si agisce zavorrando le campate laterali aumentandone il peso, ma le reazioni sulle pile, già elevate, avrebbero richiesto fondazioni di dimensioni esagerate per numero e lunghezza dei pali, quindi dimensioni dei plinti). Questi aspetti hanno sempre due controindicazioni: uno scarso controllo preventivo di spesa (le indagini geologiche mostrano terreni scadenti, ma non offrono sufficienti informazioni) e un elevato impatto delle lavorazioni in alveo, che si è voluto assolutamente evitare.

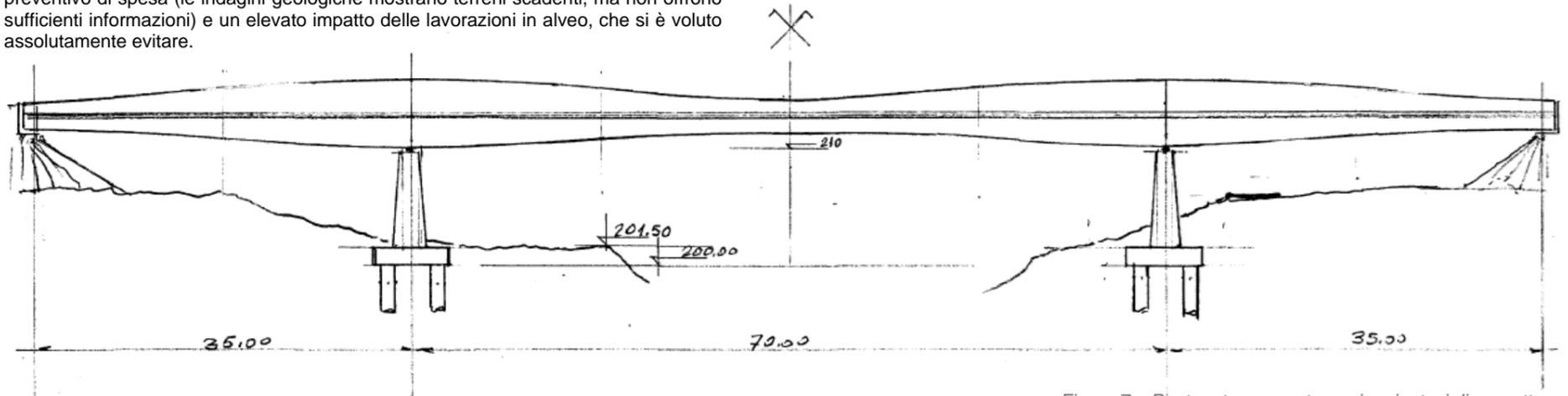


Figura 7 - Ponte a tre campate - prima ipotesi di progetto

La sezione trasversale più idonea fu subito individuata nel cassone torsio-rigido, che si presta particolarmente anche all'applicazione della struttura di supporto del rivestimento esterno:

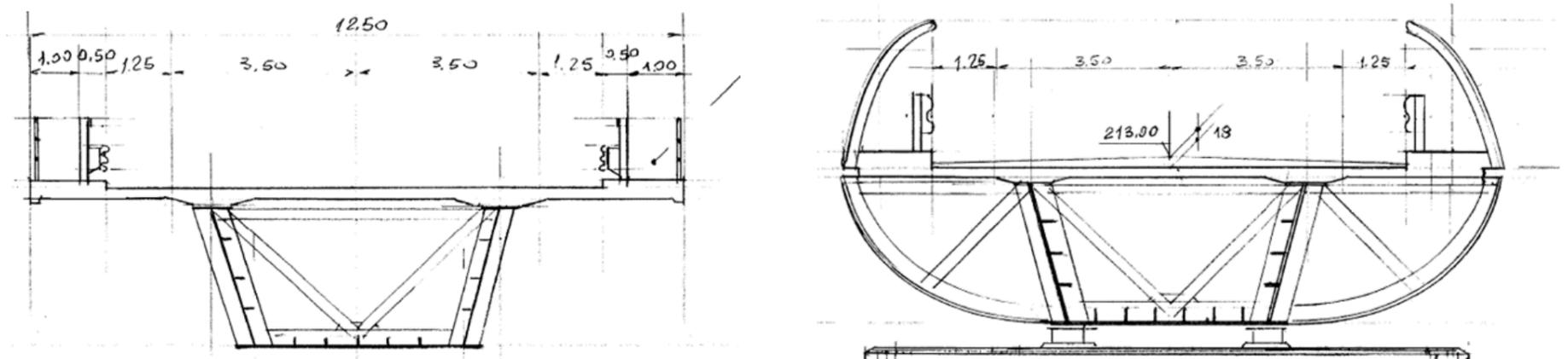


Figura 8 - Studio delle sezioni trasversali a cassone

**PONTE A CINQUE CAMPATE**

Per abbassare i carichi in fondazione si decise di prendere in considerazione quella che divenne la soluzione poi proposta in via definitiva, con il ponte composto da cinque campate di lunghezza 25.0 – 35.0 – 70.0 – 35.0 – 25.0 per complessivi 190.0 m:

Con questa configurazione il miglior risultato estetico formale si coniuga con l'ottimizzazione degli aspetti strutturali e di trasparenza idraulica.

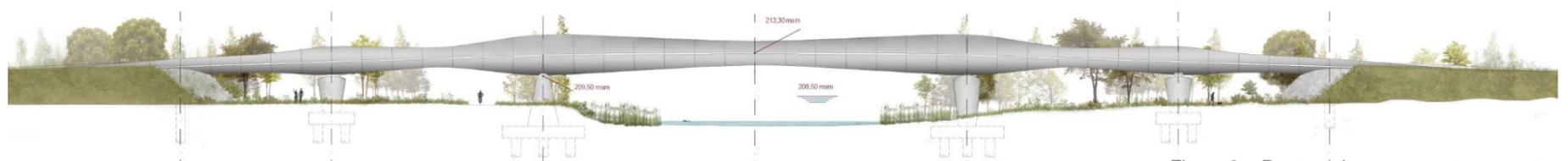


Figura 9 - Ponte a cinque campate - progetto

SCR95MDP

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

CUP I12C20000210001 CIG 86214440A9

---

**STIMA ECONOMICA**

## STIMA ECONOMICA

### Introduzione al Computo Metrico Estimativo

Al fine di valutare accuratamente le stime economiche delle soluzioni proposte, è stato redatto un computo metrico estimativo dell'intero intervento. Questo è stato possibile grazie all'elevato livello di approfondimento progettuale delle soluzioni proposte.

Il prezzario di riferimento adottato per la definizione dei prezzi unitari, è stato, ove possibile, quello della Regione Toscana 2021, sezione Provincia di Arezzo.

Nel computo metrico estimativo, di seguito riportato, tali prezzi trovano riscontro nel relativo codice di prezzario TOS xxxx.

L'importo esposto risulta congruo e coerente con l'importo previsto per la realizzazione delle opere.

Come indicato nel prezzario della Regione Toscana, i prezzi in esso contenuti si riferiscono ad opere ordinarie. Trattandosi nel caso in argomento di opere sicuramente non ordinarie (ponte avente lunghezza di 190m) sono state fatte, per alcuni prezzi, delle ulteriori considerazioni. Per le opere in acciaio ad esempio (sia acciaio da armatura che da carpenteria) siamo di fronte ad opere che richiedono l'impiego di elementi aventi dimensioni non ordinarie (diametri delle barre molto elevati e profili di dimensione non ordinaria). Andando a valutare le analisi prezzi degli acciai contenuti nel prezzario si nota come l'incidenza della manodopera e dei noleggi mezzi non rispecchi l'incidenza che si ha nella posa in opera di elementi aventi dimensioni quali quelli impiegati nella realizzazione di un ponte di dimensioni notevoli.

L'utilizzo infatti di diametri delle barre di armature molto grandi e di geometrie ragguardevoli in gran parte assemblate in officina, fa sì che l'incidenza della manodopera e dei noli rispetto al costo del materiale sia sensibilmente minore di quella che si riscontra su strutture ordinarie, considerate nel prezzario. A comprova della correttezza di tali valutazioni, che vengono riassunte nei nuovi prezzi proposti, si sono paragonati i prezzi di queste nuove analisi con i prezzi contenuti in altri prezzari ufficiali.

Rispetto al prezzario ANAS ad esempio, che si può ritenere sicuramente attinente e adeguato a tipologie di opere come quella da noi proposta, i nuovi prezzi proposti risultano intermedi tra i prezzi indicati nel prezzario ANAS e i prezzi del prezzario della Regione Toscana, avvalorando i valori considerati.

Oltre ai prezzi unitari dell'acciaio, di cui si è formulato un prezzo aggiuntivo per le motivazioni qui descritte, si sono dovute formulare altre valutazioni per lavorazioni non contemplate nel prezzario in quanto riferite a lavorazioni particolari, ad ulteriore dimostrazione della non ordinarità dell'intervento.

Tra tali prezzi indicati con il codice P.A. xxxx si evidenzia il prezzo dei Pannelli di rivestimento del ponte compresa baraccatura. Essendo un lavoro specialistico non riscontrabile nei prezzari ufficiali si è proceduto con indagini di mercato presso fornitori di primarie ditte e a una successiva analisi dei costi di messa in opera

addivenendo alla formulazione del relativo prezzo aggiuntivo.

Gli altri prezzi aggiuntivi che si sono dovuti introdurre possono essere raggruppati nelle seguenti tipologie:

a) *Prezzi a corpo*: rientrano in questa fattispecie i prezzi che vanno a compensare corpi di lavorazioni, considerati tali perché rappresentano un'opera finita o perché riferiti a lavorazioni ad elevata tecnologia Tra questi vi sono:

- P.A.4 – Impianto di disoleatura per acque di prima pioggia;
- P.A.7 – Sistemazioni idrauliche per la nuova viabilità;
- P.A.9 – Apparecchi di appoggio;
- P.A.10 – Giunti di dilatazione;
- P.A.17 – Opere a verde e arredo urbano;
- P.A.19 – Segnaletica orizzontale e verticale;
- P.A.20 – Sistemi di monitoraggio del Ponte;
- P.A.23 – Sistemazioni idrauliche per la viabilità esistente;
- P.A.24 – Allargamento ponticello esistente sulla SP.56;
- P.A.26.1-2-3 – Impianti elettrici e fotovoltaico;
- P.A.28 – Pensiline per fotovoltaico;
- P.A.30 – Sovrapprezzo alla realizzazione della pila ad arco per l'inserimento di inerti e finiture atte a garantire l'effetto luminescente;

b) *Prezzi diversi che non si riscontrano nel prezzario Regione Toscana*: rientrano in questa fattispecie i prezzi non trovati nel prezzario Regione Toscana. I predetti prezzi sono costruiti tenendo conto del valore abituale di prezzi analoghi riscontrabili in altri prezzari ufficiali, nazionali o regionali o con indagini di mercato presso fornitori di primarie ditte.

- P.A.1 – Tappeto d'usura antisdrucchiolo;
- P.A.2 – Rete in fibra di vetro per casonetto stradale;
- P.A.3 – Calcestruzzo C35/45 , S4, XC3+XD1;
- P.A.6 – Trefoli di acciaio per ponte;
- P.A.8 – Camicia metallica per scavo pali trivellati;
- P.A.12 – Impermeabilizzazione del ponte;
- P.A.13 – Barriere antirumore;
- P.A.14-15-16- 25 – Impianti di illuminazione ed elettrici;
- P.A. 18 – Passaggi faunistici;
- P.A.21 – Accatastamento e successivo trasporto in sito di terreno vegetale;
- P.A.22 – Trasporti a discarica;
- P.A.29 – Betonelle in masselli autobloccanti di calcestruzzo
- P.A.31 – Pavimentazione in conglomerato bituminoso tappeto d'usura ad elevate prestazioni di assorbimento acustico tipo Nereide o similare.

c) *Prezzo a corpo relativo agli oneri della sicurezza specifici* (codice O.S.1) secondo quanto stabilito dal D.Lgs. 81/2008 e successive modifiche e integrazioni. L'importo di detto prezzo è stato stimato in analogia a lavori similari.

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	<b>LAVORI</b>							
	<b>Nuovo Ponte di Buriano (SpCat 1) Strutture Ponte (Cat 1) Ponte-pali (SbCat 1)</b>							
1 TOS21_14. R01.001.00 5	Pali trivellati in calcestruzzo diametro esterno 1500 eseguiti con perforazione a rotazione di lunghezza massima di 20 m, in terreni di qualsiasi natura, anche in presenza di falda, compreso l'attraversamento di stratificazioni compatte, murature, trovanti o per immersione in roccia che richiedano l'uso di scalpelli od altri utensili speciali per un massimo di complessivi 50 cm. E' compreso l'impiego eventuale di fanghi bentonitici, il getto di calcestruzzo avente classe di resistenza C25/30 fino ad un massimo pari al volume teorico del foro +10%. per diametro esterno di 1500 mm Pali di fondazione		1620,00			1'620,00		
	SOMMANO ml					1'620,00	349,63	566'400,60
2 P.A.27	Acciaio classe B450 C controllato in stabilimento, di qualsiasi diametro per lavori in cemento armato, dato in opera compreso l'onere delle piegature, il filo per le legature, le eventuali saldature per giunzioni, distanziatori, lo sfrido, ecc. Compresa la fornitura e posa in opera. Pali di fondazione				350000,00	350'000,00		
	SOMMANO kg					350'000,00	1,50	525'000,00
3 P.A.8	Camicia per scavo pali trivellati in acciaio S235J2 spessore 10 mm Fornitura e posa in opera di camicia metallica per pali trivellati in acciaio S235J2 spessore 10 mm. Pali di fondazione				130,000	130,00		
	SOMMANO t					130,00	1'200,00	156'000,00
	Parziale Ponte-pali (SbCat 1) euro							1'247'400,60
	<b>Ponte-plinti (SbCat 2)</b>							
4 TOS21_01. B04.005.00 6	Getto in opera di calcestruzzo ordinario, C28/35 classe di esposizione ambientale XC2, esposto a corrosione da carbonatazione, per ambiente bagnato, raramente asciutto classe di resistenza caratteristica C28/35 - consistenza S4 Plinti di fondazione				850,000	850,00		
	SOMMANO mc					850,00	131,80	112'030,00
5 TOS21_01. B02.002.00 1	Casseforme di legno. per opere di fondazione, plinti, travi rovesce  Plinti di fondazione				310,000	310,00		
	SOMMANO mq					310,00	23,87	7'399,70
6 P.A.27	Acciaio classe B450 C controllato in stabilimento, di qualsiasi diametro per lavori in cemento armato, dato in opera compreso l'onere delle piegature, il filo per le legature, le eventuali saldature per giunzioni, distanziatori, lo sfrido, ecc. Compresa la fornitura e posa in opera. Plinti di fondazione				102000,00	102'000,00		
	SOMMANO kg					102'000,00	1,50	153'000,00

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	Parziale Ponte-plinti (SbCat 2) euro							272'429,70
	<b>Ponte-spalle elevazioni (SbCat 3)</b>							
7 TOS21_01. B04.005.00 6	Getto in opera di calcestruzzo ordinario, C28/35 classe di esposizione ambientale XC2, esposto a corrosione da carbonatazione, per ambiente bagnato, raramente asciutto classe di resistenza caratteristica C28/35 - consistenza S4 Elevazione spalle				170,000	170,00		
	SOMMANO mc					170,00	131,80	22'406,00
8 TOS21_01. B02.002.00 2	Casseforme di legno. per opere in elevazione travi, pilastri, solette, setti e muri  Elevazione spalle				70,000	70,00		
	SOMMANO mq					70,00	29,27	2'048,90
9 P.A.27	Acciaio classe B450 C controllato in stabilimento, di qualsiasi diametro per lavori in cemento armato, dato in opera compreso l'onere delle piegature, il filo per le legature, le eventuali saldature per giunzioni, distanziatori, lo sfrido, ecc. Compresa la fornitura e posa in opera. Elevazione spalle				25500,00 0	25'500,00		
	SOMMANO kg					25'500,00	1,50	38'250,00
	Parziale Ponte-spalle elevazioni (SbCat 3) euro							62'704,90
	<b>Ponte-pile elevazioni (SbCat 4)</b>							
10 TOS21_01. B04.005.00 6	Getto in opera di calcestruzzo ordinario, C28/35 classe di esposizione ambientale XC2, esposto a corrosione da carbonatazione, per ambiente bagnato, raramente asciutto classe di resistenza caratteristica C28/35 - consistenza S4 Elevazione pile				425,000	425,00		
	SOMMANO mc					425,00	131,80	56'015,00
11 P.A.30	Sovrapprezzo alla realizzazione della pila ad arco per l'inserimento di inerti e finiture atte a garantire l'effetto luminescente					1,00		
	SOMMANO a corpo					1,00	15'000,00	15'000,00
12 TOS21_01. B02.002.00 2	Casseforme di legno. per opere in elevazione travi, pilastri, solette, setti e muri  Elevazione pile				525,000	525,00		
	SOMMANO mq					525,00	29,27	15'366,75
13 P.A.27	Acciaio classe B450 C controllato in stabilimento, di qualsiasi diametro per lavori in cemento armato, dato in opera compreso l'onere delle piegature, il filo per le legature, le eventuali saldature per giunzioni, distanziatori, lo sfrido, ecc. Compresa la fornitura e posa in opera. Elevazione pile				63750,00 0	63'750,00		
	SOMMANO kg					63'750,00	1,50	95'625,00

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	Parziale Ponte-pile elevazioni (SbCat 4) euro							182'006,75
	<b>Ponte-impalcato (SbCat 5)</b>							
14 P.A.5	Fornitura e posa in opera di strutture in acciaio S355J2 Fornitura e posa in opera di strutture metalliche del ponte in acciaio S355J2. Compresa bullonerie, minuterie, controventi, accessori, finiture. Impalcato ponte				500,000	500,00		
	SOMMANO t					500,00	2'500,00	1'250'000,00
15 P.A.3	Getto in opera di calcestruzzo ordinario, C35/45 classe di esposizione ambientale XC3+XD1, esposto a corrosione da carbonatazione, per ambiente ciclicamente bagnato e asciutto classe di resistenza caratteristica C35/45 - consistenza S4 Impalcato ponte				560,000	560,00		
	SOMMANO mc					560,00	162,00	90'720,00
16 TOS21_01. B02.002.00 2	Casseforme di legno. per opere in elevazione travi, pilastri, solette, setti e muri  Impalcato ponte				2400,000	2'400,00		
	SOMMANO mq					2'400,00	29,27	70'248,00
17 P.A.27	Acciaio classe B450 C controllato in stabilimento, di qualsiasi diametro per lavori in cemento armato, dato in opera compreso l'onere delle piegature, il filo per le legature, le eventuali saldature per giunzioni, distanziatori, lo sfrido, ecc. Compresa la fornitura e posa in opera. Impalcato ponte				140000,000	140'000,00		
	SOMMANO kg					140'000,00	1,50	210'000,00
18 P.A.6	Fornitura e posa in opera di trefoli in acciaio 0,6"  Impalcato ponte				8,000	8,00		
	SOMMANO t					8,00	2'500,00	20'000,00
	Parziale Ponte-impalcato (SbCat 5) euro							1'640'968,00
	<b>Baraccatura e rivestimento (SbCat 6)</b>							
19 P.A.11	Fornitura e posa in opera di pannelli di rivestimento del ponte compresa baraccatura Pannello esterno - guscio Fornitura e posa in opera del guscio di rivestimento esterno del ponte costituito da materiale multistrato con nucleo privo di alogeni ad elevata resistenza al fuoco. Gli strati esterni dovranno essere costituiti da fogli in alluminio e pellicola protettiva certificati e compatibili con le norme di settore e conformi ai principi dei vigenti CAM. La dimensione dei pannelli dovrà essere modulare rispetto al passo della sottostruttura, ovvero i singoli elementi potranno avere una larghezza pari a 5m o sottomultipli (anche in relazione alle caratteristiche dimensionali di produzione). Il fissaggio dovrà essere eseguito meccanicamente sul supporto strutturale sottostante. Le tolleranze del pannello nell'ordine dei 3mm/m e il valore di espansione termica (2,4mm/m @100°C Temp Difference) dovranno essere compatibili con il supporto e assorbiti dal sistema di fissaggio. Nel prezzo si intende compreso e compensato il costo del supporto							

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	strutturale di sostegno dei e quanto altro necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte							
	<p>Pannello fonoassorbente lato interno del ponte</p> <p>Fornitura e posa in opera di pannelli di rivestimento di tipo aventi lato frontale in lamiera di alluminio, dello spessore minimo di 12/10 mm, forato, con una percentuale di vuoto su pieno compreso in un intervallo tra il 30% ed il 40%; La conformazione grecata del pannello dovrà essere atta a ridurre la penetrazione di acqua piovana all'interno del pannello stesso.</p> <p>Il pannello dovrà essere dotato al suo interno di uno strato fonoassorbente composto da un materassino di lana di roccia avente spessore minimo di 50 mm e densità 85 kg/m3, protetto da un lato con velo vetro nero; il lato posteriore non forato dovrà essere in lamiera di alluminio, dello spessore minimo di 12/10 mm ed avere la medesima conformazione del frontale.</p> <p>Nel prezzo dell'opera i cui materiali dovranno essere conformi ai vigenti CAM si intende compreso e compensato il costo del supporto strutturale di sostegno dei pannelli fonoassorbenti e quanto altro necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.</p>							
	SOMMANO a corpo					1,00		
						1,00	1'299'600,00	1'299'600,00
	Parziale Baraccatura e rivestimento (SbCat 6) euro							1'299'600,00
	<b>Ponte-impermeabilizzazione (SbCat 8)</b>							
20 P.A.12	<p>Realizzazione di impermeabilizzazione del ponte</p> <p>Trattamento impermeabilizzante armato continuo di estradossi di solette da adibire al passaggio del traffico, realizzato in opera mediante:</p> <p>a) spalmatura a caldo ad alta temperatura di bitume modificato con gomme termoplastiche (cont.min. 8 %) previa accurata pulizia della superficie, compresa bocciardatura od idrolavaggio (previa anche eventuale stuccatura e regolarizzazione con malte cementizie antiritiro da pagare a parte), nonché stesa di primer d'ancoraggio a solvente; lo strato di bitume modificato sarà in grado di colmare tutte le irregolarità del supporto ed avrà spessore non inferiore a mm 2;</p> <p>b) telo di tessuto in poliestere trevira/spunbond del peso di gr 200/mq, totalmente impregnato a caldo con bitume modificato come sopra, sovrapposto alle giunzioni per cm 15;</p> <p>c) secondo strato spalmato a caldo ad alta temperatura come al punto a), dello spessore minimo di mm 1.</p>	200,00	9,500	700,000		1'900,00 700,00		
	SOMMANO mq					2'600,00	20,00	52'000,00
	Parziale Ponte-impermeabilizzazione (SbCat 8) euro							52'000,00
	<b>Ponte-appoggi e giunti (SbCat 7)</b>							
21 P.A.9	<p>Fornitura e posa in opera di apparecchi di appoggio</p> <p>Fornitura e posa in opera di apparecchi di appoggio, isolatori gomma piombo LRB (Lead Rubber Bearing) conformi alla EN15129 e EN1337 aventi rigidità equivalente <math>K_e = 2.37</math> KN/mm e smorzamento viscoso <math>\xi = 27\%</math>, con spostamento massimo di <math>\pm 100</math> mm.</p>					1,00		
	SOMMANO a corpo					1,00	50'000,00	50'000,00
22 P.A.10	<p>Fornitura e posa in opera di giunti di dilatazione</p> <p>Fornitura e posa in opera di giunti di dilatazione tipo Maurer "Swivel Joint" per escursioni di <math>\pm 150</math> mm sia longitudinali che trasversali, completamente impermeabile.</p>					1,00		

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	SOMMANO a corpo					1,00	100'000,00	100'000,00
	Parziale Ponte-appoggi e giunti (SbCat 7) euro							150'000,00
	<b>Ponte-conglomerati bituminosi (SbCat 9)</b>							
23 TOS21_04. E02.002.00 1	Strato di collegamento (binder) in conglomerato bituminoso cm 6 steso con vibrofinitrice, compreso ancoraggio, mano d'attacco e rullatura con rullo vibrante; esclusi additivi attivanti di adesione da computare a parte secondo quanto indicato nel Capitolato Speciale di Appalto. con aggregato pezzatura 0/20, spessore compreso 6 cm		200,00	9,500		1'900,00		
	SOMMANO mq					1'900,00	14,78	28'082,00
24 TOS21_04. E02.002.00 2	Strato di collegamento (binder) in conglomerato bituminoso - per ogni cm in più o in meno alla voce precedente steso con vibrofinitrice, compreso ancoraggio, mano d'attacco e rullatura con rullo vibrante; esclusi additivi attivanti di adesione da computare a parte secondo quanto indicato nel Capitolato Speciale di Appalto. per ogni cm in più o in meno alla voce precedente	5,00	200,00	9,500		9'500,00		
	SOMMANO mq					9'500,00	2,30	21'850,00
25 P.A.1	Pavimentazione in conglomerato bituminoso tappeto d'usura antistrucchiolo tipo splittmastix spessore 3 cm		200,00	9,500		1'900,00		
	SOMMANO mq					1'900,00	8,38	15'922,00
	Parziale Ponte-conglomerati bituminosi (SbCat 9) euro							65'854,00
	<b>Ponte-barriere di sicurezza (SbCat 11)</b>							
26 TOS21_04. E08.003.00 3	Fornitura e posa in opera di barriera stradale di sicurezza a profilo metallico classe H2. per bordo ponte W4 A.	2,00	200,00			400,00		
	SOMMANO m					400,00	157,87	63'148,00
	Parziale Ponte-barriere di sicurezza (SbCat 11) euro							63'148,00
	<b>Ponte-pannelli fonoassorbenti (SbCat 10)</b>							
27 P.A.13	BARRIERE FONOASSORBENTI E FONOISOLANTI FORNITURA E POSA IN OPERA DI BARRIERA ANTIRUMORE COMPOSTA DA PANNELLI IN ALLUMINIO (MOD. ALU 50L/12) PRESTAZIONI ACUSTICHE: Categoria Assorbimento acustico: A5; Categoria Isolamento acustico: B3 Fornitura e posa di barriera antirumore con marcatura CE ai sensi della UNI/EN 14388 e UNI/TR11338/2009, di prestazioni acustiche sopra riportate, composta da pannelli metallici in alluminio con nervature di irrigidimento, per inserimento in profilo metallico HE 160. Le caratteristiche prestazionali (acustiche, non acustiche, di resistenza, di durabilità ecc.) della barriera e dei suoi componenti (elementi acustici, elementi strutturali, guarnizioni e sigillanti, accessori metallici, ecc.) devono rispettare il Capitolato Speciale di Appalto. Il pannello utilizzato come barriera antirumore e così composto: - Guscio frontale in lamiera di alluminio, dello spessore minimo di							

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	<p>12/10 mm, forato, con una percentuale di vuoto su pieno compreso in un intervallo tra il 30% ed il 40%; La conformazione grecata del pannello è atta a ridurre drasticamente la penetrazione di acqua piovana all'interno del pannello stesso.</p> <p>- Materiale fonoassorbente composto da un materassino di lana di roccia avente spessore minimo di 50 mm e densità 85 kg/m<sup>3</sup> e protetto da un lato con velo vetro nero;</p> <p>- Guscio posteriore in lamiera di alluminio, dello spessore minimo di 12/10 mm, pieno, stessa conformazione del frontale;</p> <p>- Idonee testate laterali di chiusura;</p> <p>- Ferramenta in acciaio zincato e/o acciaio inox 304;</p> <p>- Guarnizione in EPDM con durezza compresa tra 65 shores e 75 shores, per evitare eventuali passaggi di onde sonore ed aumentare la stabilità del pannello stesso all'interno del profilo HE;</p> <p>La verniciatura dei gusci metallici deve prevedere uno spessore maggiore di 60 µm in conformità alla UNI EN ISO 2360. I film di vernice devono avere tutti i requisiti specificati nel prospetto 6 della UNI 1160/2005.</p> <p>Il materiale fonoassorbente deve comunque soddisfare la norma UNI 1160/2005.</p> <p>Gli elementi accessori metallici devono essere in acciaio inox o zincati a caldo (ad eccezione delle piastre di base, per le quali vale quanto indicato per gli elementi strutturali). Tali elementi e la loro messa in opera devono essere conformi alle specifiche indicate dalla normativa applicabile.</p> <p>Fornitura e posa di elementi strutturali metallici in acciaio in profilati del tipo HE S235JR, in conformità alla UNI EN 10025 e con caratteristiche meccaniche di cui al CSA. E' richiesto un trattamento della superficie, di zincatura secondo le UNI EN 1461 e UNI EN 14713, per uno spessore minimo di 85 µm, previo ciclo di sabbiatura o decapaggio chimico. Inoltre, è richiesto un ulteriore trattamento consistente in mano di fondo ed una di copertura/verniciatura. Lo spessore minimo locale della protezione, compreso lo spessore della zincatura, deve essere almeno di 200 µm in modo da realizzare una superficie esente da pori.</p> <p>Tali trattamenti dovranno essere effettuati secondo quanto stabilito dalla UNI 1160/2005.</p> <p>Il montante verrà fissato al cordolo in calcestruzzo per mezzo di piastre di base che devono essere realizzate con acciaio con caratteristiche meccaniche non minori di quelle del tipo S235JR in conformità alla UNI EN 10025, zincate a caldo, e tirafondi annegati nei getti di fondazione.</p> <p>Compreso e compensato nel prezzo ogni onere di carico, trasporto e scarico dei materiali, la fornitura e posa di tutte le strutture di sostegno, dei pannelli, delle guarnizioni, delle bullonerie e degli arredi metallici di fissaggio, nonché quanto necessario per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.</p> <p>Sono escluse le opere di fondazione.</p>							
			200,00		2,000	400,00		
	SOMMANO mq					400,00	242,14	96'856,00
	Parziale Ponte-pannelli fonoassorbenti (SbCat 10) euro Parziale Strutture Ponte (Cat 1) euro							96'856,00 5'132'967,95
	<b>Lavori viabilità nuova (Cat 2)</b> <b>Viabilità nuova-Movimenti di materie (SbCat 13)</b>							
28 TOS21_04. A04.002.00 2	Scavo di sbancamento eseguito con mezzi meccanici, compreso accatastamento nell'ambito del cantiere, in terreni sciolti							
	Bonifica sotto piano di campagna				13000,00			
					0	13'000,00		
	SOMMANO mc					13'000,00	2,91	37'830,00
29 TOS21_04. A04.002.00 2	Scavo di sbancamento eseguito con mezzi meccanici, compreso accatastamento nell'ambito del cantiere, in terreni sciolti							
	Scavo per spalle e pile				1000,000	1'000,00		

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	SOMMANO mc					1'000,00	2,91	2'910,00
30 TOS21_04. A04.009.00 2	Scavo a sezione ristretta obbligata continua eseguito con mezzi meccanici, in terreni sciolti, compresi carico, trasporto e scarico dei rifiuti in area di cantiere o agli impianti autorizzati ai fini del loro recupero o del loro smaltimento. Scavo per spalle e pile				800,000	800,00		
	SOMMANO mc					800,00	11,10	8'880,00
31 TOS21_04. A04.002.00 2	Scavo di sbancamento eseguito con mezzi meccanici, compreso accatastamento nell'ambito del cantiere, in terreni sciolti  Scavo in aree adiacenti per recupero materiale da rilevati Scotico terreno vegetale superficiale  Scavo ghiaia per esecuzione rilevati				37000,00 0	37'000,00		
	SOMMANO mc					75000,00 0		
	SOMMANO mc					112'000,00	2,91	325'920,00
32 P.A.21	Accastamento e posa in opera di terreno vegetale compreso trasporto in sito Oneri per accatastamento nell'ambito del cantiere di terreno vegetale precedentemente scavato e successivo trasporto con adeguati mezzi nel sito di posa in opera nell'ambito del cantiere.				37000,00 0	37'000,00		
	SOMMANO mc					37'000,00	2,80	103'600,00
33 TOS21_04. A05.005.00 2	Piano di posa dei rilevati, preparato mediante compattazione con rulli idonei con densità non inferiore al 90% di quella massima della prova AASHO modificata, compreso relativa certificazione				24000,00 0	24'000,00		
	SOMMANO mq					24'000,00	0,84	20'160,00
34 TOS21_04. E09.011.00 1	Rivestimento con geotessile n.t. agugliato per strato di separazione compreso picchettatura con teli con resistenza a trazione (L/T) $\geq 25\text{kN/m}$ (UNI EN ISO 10319)				24000,00 0	24'000,00		
	SOMMANO mq					24'000,00	3,49	83'760,00
35 TOS21_04. A05.007.00 1	Formazione di rilevato stradale con materiale proveniente da cava o da scavi di sbancamento, steso a strati non superiore a 30 cm, compattato con idonei rulli				75000,00 0	75'000,00		
	SOMMANO mc					75'000,00	3,90	292'500,00
36 P.A.22	Trasporti a discarica a qualsiasi distanza e indennità di discarica Oneri per trasporto a discarica a qualsiasi distanza di terre e rocce da scavo, compresa la relativa indennità di discarica.				800,000	800,00		

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	SOMMANO mc					800,00	16,00	12'800,00
	Parziale Viabilità nuova-Movimenti di materie (SbCat 13) euro							888'360,00
	<b>Viabilità nuova-Piattaforma stradale (SbCat 14)</b>							
37 TOS21_04. E09.011.00 1	Rivestimento con geotessile n.t. agugliato per strato di separazione compreso picchettatura con teli con resistenza a trazione (L/T) ≥25kN/m (UNI EN ISO 10319) (larg.=9,50*1,10)		1200,00	10,450		12'540,00		
	SOMMANO mq					12'540,00	3,49	43'764,60
38 TOS21_04. B12.001.00 1	Fondazione stradale compresa rullatura e compattazione per raggiungere il grado del 95% della prova AASHO modificata, esclusa dal prezzo. con materiale arido di cava stabilizzato naturale con curva granulometrica secondo UNI EN 13285, spessore non inferiore a 30 cm.		1200,00	9,500	0,600	6'840,00		
	SOMMANO mc					6'840,00	32,29	220'863,60
39 TOS21_04. B12.001.00 1	Fondazione stradale compresa rullatura e compattazione per raggiungere il grado del 95% della prova AASHO modificata, esclusa dal prezzo. con materiale arido di cava stabilizzato naturale con curva granulometrica secondo UNI EN 13285, spessore non inferiore a 30 cm. Finitura superficiale		1200,00	9,500	0,050	570,00		
	SOMMANO mc					570,00	32,29	18'405,30
40 TOS21_04. B12.001.00 2	Fondazione stradale in misto cementato compresa rullatura e compattazione per raggiungere il grado del 95% della prova AASHO modificata, esclusa dal prezzo. con materiale arido di cava stabilizzato naturale con curva granulometrica secondo UNI EN 13285, con l'aggiunta di 120 Kg/mc di cemento R 32,5 spessore 15-25 cm, compresa emulsione bituminosa a protezione del misto cementato.		1200,00	9,500	0,050	570,00		
	SOMMANO mc					570,00	63,39	36'132,30
41 TOS21_04. E02.001.00 1	Strato di base in conglomerato con bitume distillato 50-70 o 70-100 secondo UNI EN 12591 cm 10 ed aggregati secondo UNI EN 13043, steso con vibrofinitrice, compreso ancoraggio, mano d'attacco, e compattazione con rullo vibrante; esclusi additivi attivanti di adesione da computare a parte secondo quanto indicato nel Capitolato Speciale di Appalto con aggregato pezzatura 0/32, spessore compreso 10 cm		1200,00	9,500		11'400,00		
	SOMMANO mq					11'400,00	21,54	245'556,00
42 TOS21_04. E02.002.00 1	Strato di collegamento (binder) in conglomerato bituminoso cm 6 steso con vibrofinitrice, compreso ancoraggio, mano d'attacco e rullatura con rullo vibrante; esclusi additivi attivanti di adesione da computare a parte secondo quanto indicato nel Capitolato Speciale di Appalto. con aggregato pezzatura 0/20, spessore compreso 6 cm		1200,00	9,500		11'400,00		
	SOMMANO mq					11'400,00	14,78	168'492,00

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
43 TOS21_04. E02.002.00 2	Strato di collegamento (binder) in conglomerato bituminoso - per ogni cm in più o in meno alla voce precedente steso con vibrofinitrice, compreso ancoraggio, mano d'attacco e rullatura con rullo vibrante; esclusi additivi attivanti di adesione da computare a parte secondo quanto indicato nel Capitolato Speciale di Appalto. per ogni cm in più o in meno alla voce precedente	1,00	1200,00	9,500		11'400,00		
	SOMMANO mq					11'400,00	2,30	26'220,00
44 P.A.1	Pavimentazione in conglomerato bituminoso tappeto d'usura antisdrucchiolo tipo splittmastix spessore 3 cm  a detrarre vedi articolo successivo		1200,00	9,500		11'400,00		
	Sommano positivi mq Sommano negativi mq				-1600,000	-1'600,00		
	SOMMANO mq					9'800,00	8,38	82'124,00
45 P.A.31	Pavimentazione in conglomerato bituminoso tappeto d'usura ad elevate prestazioni di assorbimento acustico tipo Nereide o similare Intersezione inizio variante  Rotatoria				600,000	600,00		
	SOMMANO mq				1000,000	1'000,00		
						1'600,00	9,38	15'008,00
	Parziale Viabilità nuova-Piattaforma stradale (SbCat 14) euro							856'565,80
	<b>Viabilità nuova-Sistemazioni idrauliche (SbCat 15)</b>							
46 P.A.4	Fornitura e posa in opera di impianto di disoleatura per acque di prima pioggia Fornitura e posa in opera di impianto di disoleatura costituito da 4 vasche di trattamento acque di prima pioggia. Compresi gli scavi, i rinterrati, il trasporto a rifiuto dei materiali eccedenti compresa l'indennità di discarica. Compresa opere di corredo in cemento armato e manufatti metallici (griglie, paratoie, chiusini). Compresi i collegamenti con tubazioni. Le vasche sono disoleatori prefabbricati monolitici di cemento armato di forma ovale o circolare, divise in due sezioni, la prima di sfangazione grossolana, la seconda di separazione oli. Il calcestruzzo armato, dovrà essere di qualità C 50/60 XA2T con certificazione EN 858-1 ON B5101 resistente alle sostanze chimiche senza fabbisogno di trattamenti tipo resina epossidica od altro. Il disoleatore dovrà presentare in ingresso uno speciale sistema frangiflutti detto a doppia U contenente una chiusura automatica azionata da galleggiante, al fine di permettere la diffusione del liquame in arrivo su tutta la superficie della zona di sfangazione grossolana. Questo speciale sistema avrà la funzione di rallentare la formazione di dannose turbolenze e mantenere un flusso laminare, facilitando così la separazione degli oli dall'acqua e una più veloce sedimentazione delle sabbie fini presenti in soluzione. Il passaggio alla zona di separazione oli di rimanenza avviene attraverso un sistema lamellare che grazie alla sua funzione coalescente permetterà alle gocce d'olio più fini di coagulare dando loro la capacità di galleggiare, separando ulteriormente la quantità di oli presenti in soluzione dall'acqua. Questo passaggio sarà protetto da un sistema di non ritorno sifonato che eviterà che gli oli già presenti nel separatore possano tornare nella sezione di sfangazione grossolana. Il liquame così trattato, grazie ad un percorso obbligato, una volta attraversata la batteria di filtri attraverso un sifone ispezionabile raccordato ad una tubazione diametro 300 viene scaricato nel corpo ricettore. Questi filtri, semovibili, dovranno avere un peso massimo (saturo) di 15 kg/cad al fine di facilitarne la manutenzione. Il tutto completo di soletta							

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	carrabile e chiusini in ghisa classe D 400					1,00		
	SOMMANO a corpo					1,00	80'000,00	80'000,00
47 P.A.7	Sistemazione idrauliche per la nuova viabilità Sistemazioni idrauliche della nuova viabilità comprendenti la fornitura e posa in opera di tubazioni, pozzetti, chiusini, canalette, cunette, embrici, fossi di guardia. Compresi i movimenti di materie ed i ripristini.					1,40		
	SOMMANO km					1,40	80'000,00	112'000,00
	Parziale Viabilità nuova-Sistemazioni idrauliche (SbCat 15) euro							192'000,00
	<b>Viabilità nuova-Barriere di sicurezza (SbCat 16)</b>							
48 TOS21_04. E08.003.00 1	Fornitura e posa in opera di barriera stradale di sicurezza a profilo metallico classe H2. per bordo laterale o rilevato W4 A.		2400,00			2'400,00		
	SOMMANO m					2'400,00	74,23	178'152,00
	Parziale Viabilità nuova-Barriere di sicurezza (SbCat 16) euro Parziale Lavori viabilità nuova (Cat 2) euro							178'152,00 2'115'077,80
	<b>Lavori viabilità esistente (Cat 3)</b> <b>Viabilità esistente-Movimenti di materie (SbCat 17)</b>							
49 TOS21_05. A03.001.00 1	Scarificazione superficiale di pavimentazione stradale bitumata, eseguita con mezzi meccanici e manuali, compreso il trasporto dei materiali di risulta a impianto di smaltimento autorizzato o in aree indicate dal Progetto				5500,000	5'500,00		
	SOMMANO mq					5'500,00	3,23	17'765,00
50 TOS21_04. A04.002.00 2	Scavo di sbancamento eseguito con mezzi meccanici, compreso accatastamento nell'ambito del cantiere, in terreni sciolti  Scavo per bonifica sotto piano campagna				7700,000	7'700,00		
	SOMMANO mc					7'700,00	2,91	22'407,00
51 TOS21_04. A04.002.00 2	Scavo di sbancamento eseguito con mezzi meccanici, compreso accatastamento nell'ambito del cantiere, in terreni sciolti  Scavi per allargamento sede stradale				6000,000	6'000,00		
	SOMMANO mc					6'000,00	2,91	17'460,00
52 TOS21_04. A05.005.00 2	Piano di posa dei rilevati, preparato mediante compattazione con rulli idonei con densità non inferiore al 90% di quella massima della prova AASHO modificata, compreso relativa certificazione				7000,000	7'000,00		
	SOMMANO mq					7'000,00	0,84	5'880,00

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
53 TOS21_04. E09.011.00 1	Rivestimento con geotessile n.t. agugliato per strato di separazione compreso picchettatura con teli con resistenza a trazione (L/T) $\geq 25\text{kN/m}$ (UNI EN ISO 10319)				7000,000	7'000,00		
	SOMMANO mq					7'000,00	3,49	24'430,00
54 TOS21_04. A05.007.00 1	Formazione di rilevato stradale con materiale proveniente da cava o da scavi di sbancamento, steso a strati non superiore a 30 cm, compattato con idonei rulli			7700,000 900,000		7'700,00 900,00		
	a detrarre materiale da cava			-2600,000		-2'600,00		
	Somma positivi mc Sommano negativi mc					8'600,00 -2'600,00		
	SOMMANO mc					6'000,00	3,90	23'400,00
55 TOS21_04. A05.007.00 2	Formazione di rilevato stradale con materiale proveniente da cava steso a strati non superiore a 30 cm, compattato con idonei rulli - densità non inferiore all' 80% della densità massima a prova AASHO modificata, esclusa dal prezzo, negli strati inferiori ed al 95% in quello superiore. Compreso il materiale.			2600,000		2'600,00		
	SOMMANO mc					2'600,00	25,29	65'754,00
56 P.A.21	Accastamento e posa in opera di terreno vegetale compreso trasporto in sito Oneri per accastamento nell'ambito del cantiere di terreno vegetale precedentemente scavato e successivo trasporto con adeguati mezzi nel sito di posa in opera nell'ambito del cantiere.				7500,000	7'500,00		
	SOMMANO mc					7'500,00	2,80	21'000,00
57 P.A.22	Trasporti a discarica a qualsiasi distanza e indennità di discarica Oneri per trasporto a discarica a qualsiasi distanza di terre e rocce da scavo, compresa la relativa indennità di discarica.				7700,000 -7500,000	7'700,00 -7'500,00		
	Somma positivi mc Sommano negativi mc					7'700,00 -7'500,00		
	SOMMANO mc					200,00	16,00	3'200,00
	Parziale Viabilità esistente-Movimenti di materie (SbCat 17) euro							201'296,00
	<b>Viabilità esistente-Strutture (SbCat 18)</b>							
58 P.A.24	Allargamento ponticello esistente S.P.n° 56 Oneri per allargamento di ponticello esistente sulla S.P. n° 56 comprensivi di scavi e movimenti di materie, fondazioni, elevazioni, impalcato, accessori e finiture					1,00		
	SOMMANO a corpo					1,00	25'000,00	25'000,00
	Parziale Viabilità esistente-Strutture (SbCat 18) euro							25'000,00

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	<b>Viabilità esistente-Piattaforma stradale (SbCat 19)</b>							
59 TOS21_04. E09.011.00 1	Rivestimento con geotessile n.t. agugliato per strato di separazione compreso picchettatura con teli con resistenza a trazione (L/T) $\geq 25\text{kN/m}$ (UNI EN ISO 10319) Cassonetto allargamento		1100,00	6,500		7'150,00		
	SOMMANO mq					7'150,00	3,49	24'953,50
60 P.A.2	Rete in fibra di vetro 100 kN/mq Fornitura e posa in opera di rete di fibra di vetro 100 kN/mq da porsi in opera in cassonetto stradale.		1100,00	5,000		5'500,00		
	SOMMANO mq					5'500,00	7,83	43'065,00
61 TOS21_04. B12.001.00 1	Fondazione stradale compresa rullatura e compattazione per raggiungere il grado del 95% della prova AASHO modificata, esclusa dal prezzo. con materiale arido di cava stabilizzato naturale con curva granulometrica secondo UNI EN 13285, spessore non inferiore a 30 cm. Cassonetto allargamento		1100,00	5,000	0,600	3'300,00		
	SOMMANO mc					3'300,00	32,29	106'557,00
62 TOS21_04. B12.001.00 1	Fondazione stradale compresa rullatura e compattazione per raggiungere il grado del 95% della prova AASHO modificata, esclusa dal prezzo. con materiale arido di cava stabilizzato naturale con curva granulometrica secondo UNI EN 13285, spessore non inferiore a 30 cm. Finitura superficiale fondazione stradale allargamento		1100,00	5,000	0,050	275,00		
	SOMMANO mc					275,00	32,29	8'879,75
63 TOS21_04. E02.001.00 1	Strato di base in conglomerato con bitume distillato 50-70 o 70-100 secondo UNI EN 12591 cm 10 ed aggregati secondo UNI EN 13043, steso con vibrofinitrice, compreso ancoraggio, mano d'attacco, e compattazione con rullo vibrante; esclusi additivi attivanti di adesione da computare a parte secondo quanto indicato nel Capitolato Speciale di Appalto con aggregato pezzatura 0/32, spessore compreso 10 cm Allargamento		1100,00	5,000		5'500,00		
	SOMMANO mq					5'500,00	21,54	118'470,00
64 TOS21_04. E02.002.00 1	Strato di collegamento (binder) in conglomerato bituminoso cm 6 steso con vibrofinitrice, compreso ancoraggio, mano d'attacco e rullatura con rullo vibrante; esclusi additivi attivanti di adesione da computare a parte secondo quanto indicato nel Capitolato Speciale di Appalto. con aggregato pezzatura 0/20, spessore compreso 6 cm Allargamento		1100,00	5,000		5'500,00		
	SOMMANO mq					5'500,00	14,78	81'290,00
65 TOS21_04. E02.002.00 2	Strato di collegamento (binder) in conglomerato bituminoso - per ogni cm in più o in meno alla voce precedente steso con vibrofinitrice, compreso ancoraggio, mano d'attacco e rullatura con rullo vibrante; esclusi additivi attivanti di adesione da computare a parte secondo quanto indicato nel Capitolato Speciale di Appalto. per ogni cm in più o in meno alla voce precedente							

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	Allargamento		1100,00	5,000		5'500,00		
	SOMMANO mq					5'500,00	2,30	12'650,00
66 TOS21_05. E02.001.00 1	Stesura di conglomerato bituminoso per ripristino di pavimentazione stradale con mezzi meccanici e piccole attrezzature  Strada esistente		1100,00	5,000		5'500,00		
	SOMMANO mq					5'500,00	49,87	274'285,00
67 P.A.1	Pavimentazione in conglomerato bituminoso tappeto d'usura antistruciolo tipo splittmastix spessore 3 cm Intera sede stradale  A detrarre vedi articolo successivo		1100,00	10,000		11'000,00		
	Sommano positivi mq Sommano negativi mq				-600,000	-600,00		
	SOMMANO mq					10'400,00	8,38	87'152,00
68 P.A.31	Pavimentazione in conglomerato bituminoso tappeto d'usura ad elevate prestazioni di assorbimento acustico tipo Nereide o similare Tratto terminale SP 56				600,000	600,00		
	SOMMANO mq					600,00	9,38	5'628,00
	Parziale Viabilità esistente-Piattaforma stradale (SbCat 19) euro							762'930,25
	<b>Viabilità esistente- Sistemazione idrauliche (SbCat 20)</b>							
69 P.A.23	Sistemazioni idrauliche viabilità esistente Sistemazioni idrauliche della viabilità esistente comprendenti la fornitura e posa in opera di tubazioni, pozzetti, chiusini, canalette, cunette, embrici, fossi di guardia. Compresi i movimenti di materie ed i ripristini.					1,00		
	SOMMANO a corpo					1,00	40'000,00	40'000,00
	Parziale Viabilità esistente- Sistemazione idrauliche (SbCat 20) euro Parziale Lavori viabilità esistente (Cat 3) euro							40'000,00 1'029'226,25
	<b>Impianti (Cat 4)</b> <b>Ponte- Illuminazione architettonica (SbCat 12)</b>							
70 P.A.14.1	Impianto illuminazione imbocco ponte-Apparecchi illuminanti Apparecchi illuminanti a testa palo con ottica stradale e autoalimentazione tramite pannello FV + Batteria					8,00		
	SOMMANO cadauno					8,00	700,00	5'600,00
71 P.A.14.2	Impianto illuminazione imbocco ponte- Palo a sicurezza passiva Palo a sicurezza passiva a norma UNI EN 12767 - 70HE - classe di sicurezza C - h = 6 metri					8,00		
	SOMMANO cadauno					8,00	800,00	6'400,00

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	Parziale Ponte- Illuminazione architettonica (SbCat 12) euro							12'000,00
	<b>Illuminazione rotatoria (SbCat 21)</b>							
72 P.A.15.1	Illuminazione rotatoria - Apparecchi illuminanti Apparecchi illuminanti a testa palo con ottica stradale - 76W - 136 lm/W					12,00		
	SOMMANO cadauno					12,00	500,00	6'000,00
73 P.A.15.2	Illuminazione rotatoria - Palo a sicurezza passiva Palo a sicurezza passiva a norma UNI EN 12767 - 70HE - classe di sicurezza C - h = 8 metri					12,00		
	SOMMANO cadauno					12,00	1'000,00	12'000,00
	Parziale Illuminazione rotatoria (SbCat 21) euro							18'000,00
	<b>Illuminazione incrocio (SbCat 22)</b>							
74 P.A.16.1	Illuminazione incrocio con la SP 1 - Apparecchi illuminanti Apparecchi illuminanti a testa palo con ottica stradale - 76W - 136 lm/W					16,00		
	SOMMANO cadauno					16,00	500,00	8'000,00
75 P.A.16.2	Illuminazione incrocio con la SP 1 - Apparecchi illuminanti per attraversamenti pedonali Apparecchi illuminanti a testa palo con ottica stradale per attraversamenti pedonali - 76W - 136 lm/W					4,00		
	SOMMANO cadauno					4,00	500,00	2'000,00
76 P.A.16.3	Illuminazione incrocio con la SP 1 - Palo h=8,00 m Palo a sicurezza passiva a norma UNI EN 12767 - 70HE - classe di sicurezza C - h = 8 metri					16,00		
	SOMMANO cadauno					16,00	1'000,00	16'000,00
77 P.A.16.4	Illuminazione incrocio con la SP 1 - Palo h=6,00 m Palo a sicurezza passiva a norma UNI EN 12767 - 70HE - classe di sicurezza C - h = 6 metri					4,00		
	SOMMANO cadauno					4,00	800,00	3'200,00
	Parziale Illuminazione incrocio (SbCat 22) euro							29'200,00
	<b>Illuminazione SP56 (SbCat 23)</b>							
78 P.A.25.1	Illuminazione SP56 - Apparecchi illuminanti Impianto illuminazione attraversamenti pedonali lungo la SP56 e riqualificazione impianti nella zona dell'abitato di Ponte Buriano- Apparecchi illuminanti a testa palo con ottica stradale per attraversamenti pedonali - 76W - 136 lm/W					6,00		
	SOMMANO cadauno					6,00	500,00	3'000,00

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
79 P.A.25.2	<p>Illuminazione SP56 -Palo h = 6,00 metri Palo a sicurezza passiva a norma UNI EN 12767 - 70HE - classe di sicurezza C - h = 6 metri</p> <p style="text-align: right;">SOMMANO cadauno</p> <p style="text-align: center;">Parziale Illuminazione SP56 (SbCat 23) euro</p> <p style="text-align: center;"><b>Illuminazione- componenti generali impianti (SbCat 24)</b></p>					6,00		
						6,00	800,00	4'800,00
								7'800,00
80 P.A.26.1	<p>Componenti generali impianti - Quadri e linee elettriche Quadri e linee elettriche da posare su cavidotti e scavi predisposti e computati a parte</p> <p style="text-align: right;">SOMMANO a corpo</p>					1,00		
						1,00	20'000,00	20'000,00
81 P.A.26.2	<p>Componenti generali impianti - Gestione e controllo Sistema di gestione e controllo per la realizzazione della luce adattiva</p> <p style="text-align: right;">SOMMANO a corpo</p>					1,00		
						1,00	15'000,00	15'000,00
82 P.A.26.3	<p>Componenti generali impianti - Fotovoltaico Impianto fotovoltaico da 18 kW da installare presso gli edifici di servizio in corrispondenza con l'incrocio con la SP1</p> <p style="text-align: right;">SOMMANO a corpo</p> <p style="text-align: center;">Parziale Illuminazione- componenti generali impianti (SbCat 24) euro Parziale Impianti (Cat 4) euro</p> <p style="text-align: center;"><b>Altre opere (Cat 5) Pensiline per fotovoltaico (SbCat 26)</b></p>					1,00		
						1,00	20'000,00	20'000,00
								55'000,00 122'000,00
83 P.A.28	<p>REALIZZAZIONE DI PENSILINE PER IMPIANTO FOTOVOLTAICO Realizzazione di pensiline per impianto fotovoltaico. Compresi i movimenti di materie e le strutture metalliche di sostegno verticali ed orizzontali, i piani orizzontali, le bullonerie, le minuterie e gli accessori.</p> <p style="text-align: right;">SOMMANO a corpo</p> <p style="text-align: center;">Parziale Pensiline per fotovoltaico (SbCat 26) euro</p> <p style="text-align: center;"><b>Pavimentazione in masselli autobloccanti (SbCat 27)</b></p>					1,00		
						1,00	32'000,00	32'000,00
								32'000,00
84 P.A.29	<p>PAVIMENTAZIONE IN BETONELLE DI CEMENTO PREFABBRICATO compreso l'onere dei cordoli perimetrali Fornitura e posa in opera di nuova pavimentazione in betonelle di cemento prefabbricato a forma romboidale o similare con interstizi atti a ricevere la terra vegetale e la successiva semina. Compreso nel prezzo a metroquadrato anche la fornitura e posa in opera di cordoli perimetrali in cemento prefabbricato ove ubicati nel progetto esecutivo. Esclusa la sola fornitura e stesa di terra vegetale. La pavimentazione in grigliato erboso sarà carrabile, realizzata con piastre forate dimensioni cm 50 x 33 spessore cm 8 colore grigio, realizzate in un unico strato di calcestruzzo vibrocompresso ad alta resistenza. Le lastre forate saranno poste in opera a secco su allettamento in sabbia grossa di frantoio ben costipata di spessore variabile cm 4÷5.</p>							

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
		25,00	5,00	2,500		312,50		
	SOMMANO mq					312,50	28,00	8'750,00
	Parziale Pavimentazione in masselli autobloccanti (SbCat 27) euro							8'750,00
	<b>Opere a verde (SbCat 25)</b>							
85 P.A.17	Opere a verde e arredo urbano Pulizia delle vegetazione esistente mediante decespugliamento di aree invase da rovi, arbusti, erbe infestanti, con salvaguardia dell'eventuale rinnovazione arborea ed arbustiva di pregio. Operazione eseguita sia meccanicamente che a mano dove necessario. Compresa la triturazione del materiale verde e ogni altro onere per dare la pulizia completa e conclusa. Successiva aratura, fresatura e preparazione dei terreni di semina e piantumazione; Messa a dimora di piante arboree ed arbustive mediante scavo della buca, compreso rinterro, la formazione della conca di compluvio (formella), la fornitura e la distribuzione di ammendanti, di concimi ed una bagnatura con 50 l di acqua. Realizzazione di manto erboso compresa la livellatura della terra vegetale, seminazione, rinterro del seme, rullatura e fornitura di miscuglio di sementi resistenti agli stress idrici. Dose di semina non inferiore ai 40 g/mq. Fornitura e montaggio di cestini, portabiciclette ecc.					1,00		
	SOMMANO a corpo					1,00	90'000,00	90'000,00
	Parziale Opere a verde (SbCat 25) euro							90'000,00
	<b>Passaggi faunistici (SbCat 28)</b>							
86 P.A.18	Passaggi faunistici Realizzazione di adeguati passaggi faunistici trasversali alla nuova arteria stradale mediante la fornitura e posa in opera in rilevato stradale di manufatti tubolari prefabbricati in cemento armato aventi diametro interno di metri 2,00, adatti a sopportare carichi stradali. Compresi i movimenti di materie, le sistemazioni finali, gli accessori ed ogni onere di dettaglio.					4,00		
	SOMMANO cadauno					4,00	15'000,00	60'000,00
	Parziale Passaggi faunistici (SbCat 28) euro							60'000,00
	<b>Segnaletica verticale o orizzontale (SbCat 29)</b>							
87 P.A.19	Segnaletica verticale ed orizzontale Fornitura e posa in opera di segnaletica orizzontale quali strisce, zebraure, simboli. Fornitura e posa in opera di segnaletica verticale quali segnali verticali comprensivi di plinti e sostegni, portali comprese opere strutturali, segnaletica luminosa					1,00		
	SOMMANO a corpo					1,00	25'932,70	25'932,70
	Parziale Segnaletica verticale o orizzontale (SbCat 29) euro							25'932,70
	<b>Sistemi di monitoraggio del Ponte (SbCat 30)</b>							
88 P.A.20	Sistemi di monitoraggio del Ponte in continuo (Ponte intelligente) Fornitura e posa in opera di sistema di monitoraggio costituito da: - moduli multifunzionali con accelerometri strutturali con tecnologia MEMS in grado di restituire dati di vibrazione, velocità e temperatura puntuali della struttura, predisposto per essere collegato ad una							

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	centralina elettronica di gestione elaborazione e trasmissione dati; - moduli multifunzionali con giroscopi strutturali con tecnologia MEMS in grado di restituire le rotazioni istantanee puntuali della struttura, predisposto per essere collegato ad una centralina elettronica di gestione elaborazione e trasmissione dati; - moduli multifunzionali con inclinometri strutturali con tecnologia MEMS in grado di restituire le rotazioni residue; - moduli multifunzionali con stereo camere adatto per il monitoraggio del traffico (posizionate all'esterno); - moduli multifunzionali con videocamera (posizionate nelle parti interne del ponte); - moduli multifunzionali con magnetometri strutturali con tecnologia MEMS; - moduli multifunzionali con estensimetri. La posa in opera dei sensori comprende anche: - la fornitura e posa in opera di cavi di cablaggio dati e alimentazione Ethernet cat. 5 o superiore; - la fornitura e posa in opera di modulo con sistema di controllo e gestione (master) costituito apparato che permette l'acquisizione, l'elaborazione in sito e la trasmissione dei dati registrati dalla rete di sensori strutturali; - alimentazione da sistema costituito da UPS. - È compreso tutto quanto occorre per completare l'installazione del sistema di monitoraggio ed è incluso il servizio di: - immagazzinamento dei dati e trasmissione degli stessi ad una piattaforma cloud o ad un NAS presente in loco.					1,00		
	SOMMANO a corpo					1,00	190'000,00	190'000,00
	Parziale Sistemi di monitoraggio del Ponte (SbCat 30) euro Parziale Altre opere (Cat 5) euro							190'000,00 406'682,70
	<b>Oneri per la sicurezza (Cat 6)</b> <b>Oneri per la sicurezza (SbCat 31)</b>							
89 O.S.1	Oneri per la sicurezza specifici secondo D.Lgs. 81/2008 e successive modifiche e integrazioni.					1,00		
	SOMMANO a corpo					1,00	120'000,00	120'000,00
	Parziale Oneri per la sicurezza (SbCat 31) euro Parziale Oneri per la sicurezza (Cat 6) euro Parziale Nuovo Ponte di Buriano (SpCat 1) euro							120'000,00 120'000,00 8'925'954,70
	<b>Parziale LAVORI euro</b>							<b>8'925'954,70</b>
	<b>T O T A L E euro</b>							<b>8'925'954,70</b>

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	IMPORTI		incid. %
		TOTALE		
001	<u>Riepilogo SUPER CATEGORIE</u> Nuovo Ponte di Buriano	8'925'954,70		100.000
	<b>Totale SUPER CATEGORIE euro</b>	<b>8'925'954,70</b>		<b>100.000</b>

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	IMPORTI	incid. %
		TOTALE	
<b><u>Riepilogo CATEGORIE</u></b>			
001	Strutture Ponte	5'132'967,95	57.506
002	Lavori viabilità nuova	2'115'077,80	23.696
003	Lavori viabilità esistente	1'029'226,25	11.531
004	Impianti	122'000,00	1.367
005	Altre opere	406'682,70	4.556
006	Oneri per la sicurezza	120'000,00	1.344
<b>Totale CATEGORIE euro</b>		<b>8'925'954,70</b>	<b>100.000</b>

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	IMPORTI	incid. %
		TOTALE	
<b><u>Riepilogo SUB CATEGORIE</u></b>			
001	Ponte-pali	1'247'400,60	13.975
002	Ponte-plinti	272'429,70	3.052
003	Ponte-spalle elevazioni	62'704,90	0.703
004	Ponte-pile elevazioni	182'006,75	2.039
005	Ponte-impalcato	1'640'968,00	18.384
006	Baraccatura e rivestimento	1'299'600,00	14.560
007	Ponte-appoggi e giunti	150'000,00	1.680
008	Ponte-impermeabilizzazione	52'000,00	0.583
009	Ponte-conglomerati bituminosi	65'854,00	0.738
010	Ponte-pannelli fonoassorbenti	96'856,00	1.085
011	Ponte-barriere di sicurezza	63'148,00	0.707
012	Ponte- Illuminazione architettonica	12'000,00	0.134
013	Viabilità nuova-Movimenti di materie	888'360,00	9.953
014	Viabilità nuova-Piattaforma stradale	856'565,80	9.596
015	Viabilità nuova-Sistemazioni idrauliche	192'000,00	2.151
016	Viabilità nuova-Barriere di sicurezza	178'152,00	1.996
017	Viabilità esistente-Movimenti di materie	201'296,00	2.255
018	Viabilità esistente-Strutture	25'000,00	0.280
019	Viabilità esistente-Piattaforma stradale	762'930,25	8.547
020	Viabilità esistente- Sistemazione idrauliche	40'000,00	0.448
021	Illuminazione rotatoria	18'000,00	0.202
022	Illuminazione incrocio	29'200,00	0.327
023	Illuminazione SP56	7'800,00	0.087
024	Illuminazione- componenti generali impianti	55'000,00	0.616
025	Opere a verde	90'000,00	1.008
026	Pensiline per fotovoltaico	32'000,00	0.359
027	Pavimentazione in masselli autobloccanti	8'750,00	0.098
028	Passaggi faunistici	60'000,00	0.672
029	Segnaletica verticale o orizzontale	25'932,70	0.291
030	Sistemi di monitoraggio del Ponte	190'000,00	2.129
031	Oneri per la sicurezza	120'000,00	1.344
<b>Totale SUB CATEGORIE euro</b>		<b>8'925'954,70</b>	<b>100.000</b>