



COMUNE DI CAMPI BISENZIO

Provincia di Firenze
Ufficio tecnico LL.PP.

OGGETTO : CIRCONVALLAZIONE DI CAMPI BISENZIO:
Prolungamento della Circonvallazione Sud
da via Barberinese alla nuova rotatoria
di Capalle

Responsabile del Procedimento: Dott. Ing. Domenico Ennio Maria Passaniti

Progetto stradale e strutturale:
Dott. Ing. Daniele Storai

Sicurezza e cantierizzazione:
Dott. Ing. Monica Fiorillo

Progetto idraulico:
Dott. Ing. Bernardo Baccani

Geologia:
Dott. Geol. Gianni Focardi

Progetto ambientale, paesaggistico ed espropri:
Dott. Ing. Simone Faelli

Ecologia applicata:
Dott. Carlo Scoccianti

ELABORATO: RELAZIONE TECNICA

PROGETTO DEFINITIVO

STATO: Progetto

SCALA:

Data: Dicembre 2020

ELAB.
R.02

A norma di legge il presente disegno non potrà essere riprodotto né consegnato a terzi né utilizzato per scopi diversi da quello di destinazione senza l'autorizzazione scritta di questo studio tecnico che ne detiene la proprietà.

SOMMARIO

1. DESCRIZIONE DEL PROGETTO	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3. SCELTE PROGETTUALI ADOTTATE	6
4. CARATTERISTICHE FUNZIONALI E GEOMETRICHE DEL NUOVO TRACCIATO	8
4.1 Introduzione	8
4.2 TRATTO 1 dalla rotonda della nuova variante di Capalle, alla rotonda con via Tosca Fiesoli 9	
4.3 Rotonda all'intersezione del Tratto 1 con il Tratto 2 e con via Tosca Fiesoli (Rotonda 1-2) 10	
4.4 TRATTO 2 dalla rotonda con via Tosca Fiesoli (Rotonda 1-2) alla rotonda con via del paradiso (Rotonda 2-3)	10
4.5 Rotonda all'intersezione del tratto 2 con il tratto 3 e con via del paradiso.....	11
4.6 TRATTO 3 dalla rotonda con via del paradiso (rotonda 2-3) alla rotonda esistente con via barberinese.	11
5. GEOMETRIA DEL TRACCIATO.....	12
5.1 Distanze di visibilità.....	12
5.2 Andamento planimetrico dell'asse stradale.....	12
5.3 Curve a raggio variabile	14
5.4 Andamento altimetrico dell'asse.....	14
5.5 Criteri Compositivi dell'asse.....	15
6. BARRIERE DI SICUREZZA	17
7. RISPETTO D.M. 5.11.2001 E S.M.I.	18
7.1 Generalità	18
7.2 Verifica Tracciato 1.....	18
7.3 Verifica Tracciato 2.....	19
7.4 Verifica Tracciato 3.....	20
8. CORPO STRADALE.....	21
8.1 RILEVATO STRADALE	21
8.1.1 Descrizione generale	21
8.1.2 Bonifica del piano di posa del rilevato tramite stabilizzazione a calce del terreno in sito 21	
8.1.3 Realizzazione del corpo del rilevato	25
8.2 SOVRASTRUTTURA STRADALE.....	26
8.2.1 Descrizione generale	26
8.2.2 Calcolo del numero di passaggi di assi equivalenti durante la vita utile della pavimentazione.....	27

8.2.3	Verifica pacchetto di pavimentazione semirigida	30
9.	IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE	32
9.1	Descrizione generale	32
9.2	Normativa di riferimento.....	32
9.3	Elenco delle opere da realizzare.....	33

1. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il presente progetto prevede la realizzazione di una nuova infrastruttura viaria che assolve l'esigenza di favorire la domanda di trasporto nella direttrice Firenze – Signa - Campi Bisenzio - Prato e allo stesso tempo alleggerisca i flussi di traffico che gravano attualmente sulla S.S. 325 Barberinese, ove allo stato attuale insiste, oltre ai suddetti flussi di attraversamento, il traffico locale a servizio del centro abitato di Campi Bisenzio.

Lo scopo principale a cui vuole tendere la realizzazione della nuova variante è proprio quello di separazione tra flussi di collegamento tra le diverse aree del comprensorio fiorentino e pratese con quelli a servizio dell'area urbana di Campi Bisenzio, con la finalità di ottimizzare i collegamenti tra le grandi aree urbane riducendone i tempi di percorrenza ed allo stesso tempo di migliorare la qualità ambientale in termini di inquinamento acustico e da polveri derivate dal forte traffico presente attualmente lungo la S.S.325 nel tratto di attraversamento dell'area urbana di Campi Bisenzio.

La variante oggetto del presente progetto definitivo collegherà la nuova Circonvallazione di Capalle (opera già completamente progettata) e quindi Prato e la circonvallazione Nord di Campi Bisenzio, con la Circonvallazione Sud di Campi Bisenzio, completando di fatto un sistema di viabilità di collegamento tra le diverse aree del comprensorio fiorentino e pratese che perimetrano completamente l'area urbana del Comune di Campi Bisenzio.

La nuova infrastruttura viaria, per la tipologia dei luoghi prevalentemente pianeggianti che dovrà attraversare, si configura come un asse stradale pianeggiante con intersezioni a raso che si diparte dalla nuova rotonda di progetto posta in posizione baricentrica alla Circonvallazione di Capalle e prosegue in direzione sud fino alla rotonda esistente di via Barberinese a cui è connessa anche la Circonvallazione Sud di Campi Bisenzio. La lunghezza totale del tracciato di progetto è di circa 2400 m e lungo di esso sono previste due intersezioni a raso, rotonde, che lo separano in tre distinti tratti.

La progettazione del nuovo asse viario, oltre ad assolvere alle funzioni precedentemente descritte ha cercato di perseguire le seguenti finalità:

- ridurre al minimo le occupazioni di territorio;
- limitare i movimenti di terra;
- contenere l'impatto ambientale e valorizzare la viabilità esistente.

Sulla base dei criteri e delle esigenze funzionali ed ambientali prima indicate, le opere previste dal progetto possono configurarsi nelle seguenti tipologie di interventi:

- tratti carrabili e ciclabili di nuova realizzazione in variante al percorso esistente, previsti in rilevato con altezza ridotta sul piano di campagna, compatibilmente con i franchi da

rispettare negli attraversamenti, per ridurre le occupazioni di terreno e le quantità di materiale inerte dei rilevati stessi;

- realizzazione di 2 rotatorie di svincolo nei nodi di maggior intersezione con innesti sulla viabilità principale adeguati per il futuro innesto di diramazioni laterali di servizio verso i nuclei abitati o le strade secondarie.

La scelta di utilizzare degli svincoli a raso del tipo a rotatoria consente una regolamentazione del traffico basata solo sulla segnaletica d'obbligo di precedenza, quindi senza l'ausilio di impianti semaforici.

L'utilizzo delle rotatorie come soluzione progettuale, a seguito della sperimentazione effettuata da tempo all'estero e più recentemente in Italia, ha evidenziato alcuni effetti benefici sul traffico di seguito riportati:

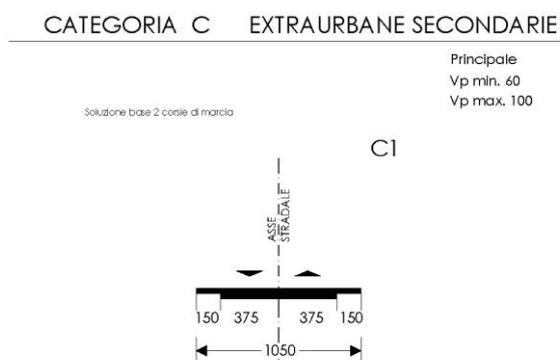
- riduzione delle superfici occupate rispetto alla loro maggiore capacità di traffico, caratteristica particolarmente vantaggiosa nel caso di vincoli urbanistici e modesta estensione delle aree disponibili;
- buona "ambientabilità" e possibilità di realizzazioni di arredo urbano cui contribuisce anche l'opportunità di inerbimento e piantumazione offerta dall'isola centrale rialzata;
- maggiore sicurezza per la minore probabilità di incidenti o per incidenti di minore gravità conseguente alla modesta velocità cui sono costretti i veicoli circolanti sull'anello centrale e di quelli che vi si immettono poiché soggetti all'obbligo di dare la precedenza;
- minore inquinamento acustico e atmosferico rispetto alle intersezioni regolate da semaforo o da obbligo di STOP, per effetto della drastica riduzione delle accelerazioni dei veicoli in partenza da fermo e della limitazione dei tempi di attesa dei veicoli fermi con motore in funzione.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.Lgs 30-04-1992 n. 285 e s.m.i. - Nuovo codice della strada;
- D.L. 27 giugno 2003, N.151 - Modifiche ed integrazioni al codice della strada
- D.P.R.16-12-1992 n.495 - Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada;
- D.M. 05.11.2001 – Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade;
- D.M. 22.04.2004 - Modifica del D.M. 5 novembre 2001 [n. 6792], recante «Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade»;
- Ministero Infrastrutture e trasporti - “Norme sulle caratteristiche funzionali e geometriche delle intersezioni stradali” – studio a carattere prenormativo, documento approvato dal CNR
- D.M. M.I.T. 19 aprile 2006 – Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali.

3. SCELTE PROGETTUALI ADOTTATE

Il progetto della sezione stradale, con l'organizzazione della piattaforma stradale e dei suoi margini, è stato effettuato tenendo conto della domanda di trasporto supposta, in relazione all'ambito territoriale e all'utenza prevista, secondo le indicazioni del D.M. 05.11.2001 - Norme funzionali e geometriche delle strade – con particolare riferimento alla categoria C1 (strada extraurbana secondaria) con piattaforma pavimentata di mt. 10,50, corrispondente a due corsie di mt. 3,75 (una per senso di marcia) e banchine laterali di mt. 1,50, nonché alla realizzazione di una pista ciclabile promiscua a doppio senso di marcia ad esso adiacente, larga mt. 2,70 e separata dalla piattaforma stradale tramite barriera stradale di contenimento ed il suo spazio di funzionamento per una larghezza totale di 1.4 m.



La composizione della carreggiata, i limiti dell'intervallo di velocità di progetto, le dimensioni da assegnare ai singoli elementi modulari e i flussi massimi smaltibili in relazione ai livelli di servizio indicati sono riassunti nella tabella sottostante.

Strada Extraurbana Secondaria - Categoria C1	
Limite di velocità (km/h)	90 km/h
Numero delle corsie per senso di marcia	1
Limite inferiore velocità di progetto (km/h)	60 km/h
Limite superiore velocità di progetto (km/h)	100 km/h
Larghezza della corsia di marcia (m)	3,75 m
Larghezza minima dello spartitraffico (m)	-
Larghezza minima della banchina in sinistra (m)	-
Larghezza minima della banchina in destra (m)	1,50 m
Larghezza della corsia di emergenza (m)	-
Larghezza minima del margine interno (m)	-
Larghezza minima del margine laterale (m)	-
LIVELLO DI SERVIZIO	C (1 corsia)
Portata di servizio per corsia (flussi bilanciati nei due sensi)	600 autoveicoli equiv./ora
Larghezza minima dei marciapiedi (m)	-
Regolazione della sosta	Ammissa in piazzole di sosta
Regolazione dei mezzi pubblici	Fermate in apposite aree al fianco delle carreggiate
Regolazione del traffico pedonale	In banchina
Accessi	Ammessi

La nuova variante è composta da tre distinti tronchi stradali di categoria C1 separati da due intersezioni rotondole:

Tratto 1 = Sviluppo di circa 809 m, si diparte in direzione sud dalla nuova rotatoria della Circonvallazione di Capalle, attualmente in fase di realizzazione, e si congiunge con la nuova rotatoria di progetto che fa da intersezione con via Tasca Fiesoli;

Tratto 2 = Sviluppo di circa 589 m, si diparte in direzione sud dalla nuova rotatoria di progetto con via Tosca Fiesoli e si congiunge con la nuova rotatoria di progetto che fa da intersezione con via del Paradiso;

Tratto 3 = Sviluppo di circa 980 m, si diparte in direzione sud dalla nuova rotatoria di progetto con via del Paradiso e si congiunge per poi terminare con la rotatoria esistente di via Barberinese a cui è connessa attestandosi ad essa la Circonvallazione Sud di Campi Bisenzio.

Lungo il Tratto 1 onde evitare l'inserimento di una terza intersezione stradale lungo il tracciato, soluzione non prevista dal "D.M. 9 aprile 2006 – Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali" per cui due intersezioni di traffico contigue per strade di categoria C1 non possono stare a distanza inferiore ai 500 m, si è scelto di realizzare in posizione pressoché baricentrica del tratto, una uscita laterale che servirà le future lottizzazioni previste in tale area. La soluzione adottata prevede la realizzazione di una uscita e di una corsia che correrà parallelamente alla nuova variante che abbia la funzione di viabilità secondaria di servizio alle future lottizzazioni previste in tale tratto di variante, in particolare lungo tale viabilità parallela che confluirà in via Alfieri verrà realizzata una immissione, tramite segnale di stop, da via Castronella, oltre alla confluenza in via Alfieri è prevista anche la possibilità di reimmettersi da via Alfieri nella nuova viabilità di variante tramite una corsia dedicata che si affianca alla nuova variante per tutto il tratto di strada che va dalla nuova immissione alla rotatoria di progetto con la Variante di Capalle. Tale corsia che si affianca per tutto il tratto non costituisce una corsia di immissione ma una vera e propria corsia dedicata che si attesta, insieme alla corsia della nuova variante di progetto, alla rotatoria della variante di Capalle con doppia corsia di immissione. Tale soluzione ha evitato l'inserimento di una nuova intersezione lungo il primo tratto, ma grazie alla stretta vicinanza delle due rotatorie poste a monte e a valle della nuova uscita, queste ne permettono l'utilizzo come se si trattasse di una vera intersezione con la possibilità di compimento di ciascuna manovra di svolta prevista.

Lo sviluppo altimetrico del tracciato ha tenuto conto ovviamente delle quote di attacco della nuova infrastruttura con le viabilità esistenti e con le altre viabilità recentemente progettate oltre che della quota di sicurezza idraulica che è stata garantita per tutto lo sviluppo della nuova opera. Il rilevato stradale è stato infatti progettato con un franco idraulico di 50 cm sul massimo battente atteso per tempo di ritorno di 200 anni.

Per quanto riguarda lo smaltimento delle acque di piattaforma sono stati adottati due sistemi di raccolta e convogliamento delle acque: un sistema di tipo aperto che attraverso l'interruzione

dell'arginello ed il doccia convoglia le acque nel fosso posto al piede del rilevato e un sistema chiuso costituito da caditoie e pozzetti con tubazione di raccordo che corre sotto il rilevato per recapitare nei fossi di guardia posti ai lati della strada. Sul lato occidentale della strada, quello che guarda verso Prato, è stata prevista una strada bianca di raccordo con la viabilità minore esistente che corre parallelamente al rilevato; in questo caso è previsto un primo fossetto al piede del rilevato e successivamente una serie di pozzetti che a mezzo di tubazioni convogliano le acque nel fosso di guardia principale. Il recapito principale delle acque sarà il collettore occidentale che corre parallelo alla strada nella parte nord ed il reticolo superficiale, Chiella e Chiellino per le parti successive.

Per garantire anche nelle ore notturne adeguate condizioni di sicurezza della circolazione veicolare, pedonale e ciclabile (dove presente), è stata prevista in fase di progetto la realizzazione di un impianto di illuminazione di tipo tradizionale lungo tutto lo sviluppo dell'asse stradale ed in corrispondenza delle rotatorie.

4. CARATTERISTICHE FUNZIONALI E GEOMETRICHE DEL NUOVO TRACCIATO

4.1 Introduzione

L'andamento planimetrico del tracciato è stato progettato nel completo rispetto delle disposizioni descritte al Capitolo 2 e del rispetto dei vincoli territoriali imposti dagli enti di controllo e dallo stato dei luoghi che attraversa.

L'area interessata dal tracciato stradale a partire dalla rotatoria di progetto di Capalle, risulta caratterizzata da una frammentata condizione patrimoniale costituita da ampi appezzamenti comprendenti principalmente coltivazioni estese a seminativo, mentre, in percentuale ridotta si trovano anche coltivazioni ad orto, oliveto o qualche sporadica vigna. In prossimità dell'edificato di via Chiella, via Tosca Fiesoli e via Castronella, il tracciato interferisce con giardino residenziale, resede industriale, ed alcuni fabbricati interessati da attività commerciale di rivendita di materiali edili e deposito.

Il rilievo topografico messo, a disposizione dall'amministrazione comunale di Campi Bisenzio, è stato sovrapposto alla cartografia regionale e tende essenzialmente a evidenziare le discrepanze con la cartografia regionale, lungo il tracciato, tale sovrapposizione ha permesso di ben valutare le scelte della soluzione progettuale da adottare.

La presente fase progettuale definitiva ha consentito una valutazione attenta del tracciato rispetto alla presenza di significativi elementi caratterizzanti lo stato dei luoghi, per i quali si rendono già opportune alcune valutazioni e soluzioni progettuali adeguate.

Da questo punto di vista, un richiamo importante da sottolineare nel territorio è ad esempio la presenza del fitto sistema di reticoli idraulici di regimazione dell'acqua superficiale che, con

capillare frequenza e continuità, smaltisce la pioggia verso la naturale pendenza del terreno (da NE a SO).

Lungo l'area interessata dalla rilevazione, oltre alle viabilità principali e secondarie di cui la progettazione stradale in argomento costituisce necessaria integrazione, sono state rinvenute anche strade secondarie, alcune delle quali sterrate, di servizio alle proprietà private dei terreni contermini e di collegamento alla rete urbana adiacente, di quartiere o addirittura campestri, di poco o nessun valore d'interferenza sul traffico anche locale, ma comunque importanti per il diritto all'accesso ai singoli fondi di proprietà. Per tale ragione si è scelto di realizzare una nuova viabilità, strada bianca, che corre lungo il margine destro, lato ovest, della nuova variante posta alla base del nuovo rilevato stradale, che abbia la funzione di ricucitura tra i vari fondi privati.

Nel lavoro si sono anche rinvenute diverse linee elettriche, aeree, di cui si sono rilevati i pali o i tralicci di supporto, riferibili anche a media ed alta tensione. La zona è anche interessata da infrastrutture ed impianti speciali quali illuminazione stradale, gas con metanodotto, fognature, ecc. Tra gli elementi significativi del rilievo resta da segnalare quanto emerge, nello stato dei luoghi, circa le parti residuali delle proprietà private, rispetto al tracciato stradale; il taglio determinato dalla nuova viabilità potrà creare infatti, specialmente nella zona dove la proprietà risulta molto frammentata e generalmente collegata a realtà adiacenti, spazi interclusi o difficilmente collegabili alle strade esistenti.

L'infrastruttura viaria di cui trattasi è composta da più elementi le cui caratteristiche saranno di seguito specificate rimandando alle successive fasi di progettazione la definizione di dettaglio degli stessi elementi infrastrutturali.

4.2 TRATTO 1 dalla rotatoria della nuova variante di Capalle, alla rotatoria con via Tosca Fiesoli

Il primo pezzo di tracciato denominato Tratto 1 si sviluppa planimetricamente partendo in direzione sud dalla rotatoria posta in posizione baricentrica alla Variante di Capalle, con una curva in sinistra di raggio 465 m, un rettilineo lungo 153 m e due curve di raggio rispettivamente di 704 m e 471m che formano un flesso che termina attestandosi alla nuova rotatoria posta all'intersezione con via Tosca Fiesoli. La lunghezza totale del tratto è di circa 808 m. La sezione stradale è quella prevista per le strade di categoria C1 al cui fianco sinistro corre, separata dalla barriera stradale di contenimento o da un cordolo di larghezza minima 50 cm, una pista promiscua ciclabile-pedonale larga 2.7 m. L'altezza del rilevato stradale varia da un minimo di 60 cm ad un massimo di 130 cm dal piano di campagna attuale e tale da essere posto in sicurezza idraulica per tutto il suo sviluppo.

Come già accennato al Capitolo 3 in posizione pressoché baricentrica di tale tratto stradale è stata progettata una uscita laterale, che servirà le future lottizzazioni previste in tale area, collegando via Castronella per poi immettersi in via Alfieri, ed una corsia dedicata che permetterà di

reimmettersi, sempre da via Alfieri, nella nuova viabilità affiancandosi ad essa per tutto il tratto di strada che va dalla nuova derivazione alla rotatoria di progetto con la Variante di Capalle. Le suddette due corsie, che corrono parallele lungo il tratto di strada che va dalla nuova derivazione alla rotatoria della Variante di Capalle si attesteranno entrambe nella stessa rotatoria immettendosi in essa così come previsto dal “D.M. 9 aprile 2006 – Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali” per rotatorie aventi diametro maggiore di 40 m e larghezza della corsia nell’anello pari a 9m. Per poter permettere l’ingresso in rotatoria con la doppia corsia è prevista la variazione della segnaletica orizzontale della rotatoria intermedia prevista nel progetto esecutivo della nuova variante di Capalle, infatti la larghezza di progetto della carreggiata dell’anello in rotatoria è di 10 m con corsia centrale larga 7.5 m e banchina interna di 1 m ed esterna di 1.5 m. Per quanto riportato in precedenza per potere realizzare l’ingresso in rotatoria con doppia corsia è necessaria, così come previsto dal D.M. 9 aprile 2006, una unica corsia nell’anello larga 9 m, corsia che può essere inscritta all’interno della carreggiata di progetto della rotatoria realizzando due banchine laterali larghe ciascuna 0.5 m.

Per quanto riguarda la lunghezza della corsia di decelerazione per la nuova uscita laterale essa è stata dimensionata in completo accordo del suddetto D.M. con le velocità di uscita desunta dal diagramma delle velocità di progetto della nuova variante.

4.3 Rotatoria all’intersezione del Tratto 1 con il Tratto 2 e con via Tosca Fiesoli (Rotatoria 1-2)

La rotatoria fa da elemento di congiunzione tra il tratto 1 e 2 della nuova variante e permette la realizzazione della intersezione con via Tosca Fiesoli, essa presenta un diametro esterno di 50 m larghezza nella corsia dell’anello di 6 m banchina estera di 1 m e banchina interna di 0.5 m, la pendenza trasversale nell’anello è del 2.5 % verso l’eterno di esso. Le corsie di immissione in rotatoria sono larghe 3.5 m mentre quelle di uscita dalla rotatoria sono larghe 4.5 m, il rilevato stradale si presenta con una altezza di poco inferiore ad 1 m dall’attuale piano di campagna.

4.4 TRATTO 2 dalla rotatoria con via Tosca Fiesoli (Rotatoria 1-2) alla rotatoria con via del paradiso (Rotatoria 2-3)

Il secondo pezzo di tracciato denominato Tratto 2 si sviluppa planimetricamente partendo in direzione sud dalla rotatoria 1-2 con via Tosca Fiesoli, con una curva in sinistra di raggio 400 m un rettilineo lungo 150.13 m ed una ultima curva in sinistra di raggio 400 attestandosi alla nuova rotatoria posta all’intersezione con via del Paradiso. La lunghezza totale del tratto è di circa 598 m. La sezione stradale è quella prevista per le strade di categoria C1 al cui fianco sinistro corre, separata dalla barriera stradale di contenimento o da un cordolo di larghezza minima 50 cm, una pista ciclabile promiscua larga 2.7 m. L’altezza del rilevato stradale varia da un minimo di 100 cm ad un massimo di 130 cm dal piano di campagna attuale e tale da essere posto in sicurezza idraulica

per tutto il suo sviluppo.

4.5 Rotatoria all'intersezione del tratto 2 con il tratto 3 e con via del paradiso

La rotatoria fa da elemento di congiunzione tra il tratto 2 e 3 della nuova variante e permette la realizzazione della intersezione con via del Paradiso, essa presenta un diametro esterno di 50 m larghezza nella corsia dell'anello di 6m banchina estera di 1 m e banchina interna di 0.5 m, la pendenza trasversale nell'anello è del 2.5 % verso l'eterno di esso. Le corsie di immissione in rotatoria sono larghe 3.5 m mentre quelle di uscita dalla rotatoria sono larghe 4.5 m, il rilevato stradale si presenta con una altezza di circa 1.8 m dall'attuale piano di campagna.

Il diametro esterno e la posizione planimetrica della presente intersezione, rotatoria, è scelto per permettere di garantire il franco idraulico di distanza del rilevato della rotatoria dal ciglio di sponda del torrente Chiella che si affianca ad essa lungo il lato sud est.

4.6 TRATTO 3 dalla rotatoria con via del paradiso (rotatoria 2-3) alla rotatoria esistente con via barberinese.

Il terzo pezzo di tracciato denominato Tratto 3 si sviluppa planimetricamente partendo in direzione sud dalla rotatoria 2-3 con via del Paradiso, con una curva in sinistra di raggio 900 m ed una seconda curva sempre in sinistra di raggio 1650 m. La lunghezza totale del tratto è di circa 981 m. La sezione stradale è quella prevista per le strade di categoria C1 al cui fianco sinistro corre, separata dalla barriera stradale di contenimento ed il suo spazio di funzionamento larga 140 cm, una pista promiscua ciclabile-pedonale larga 2.7 m. L'altezza del rilevato stradale è variabile lungo il tratto di strada da un minimo di 1.8 m ad un massimo di 2.4 m dal piano di campagna attuale, il tutto al fine di garantire la quota di sicurezza idraulica che deve comunque ricollegarsi, nel tratto finale di avvicinamento con la rotatoria di via Barberinese, ad una viabilità esistente già attualmente posta al di sotto di tale battente.

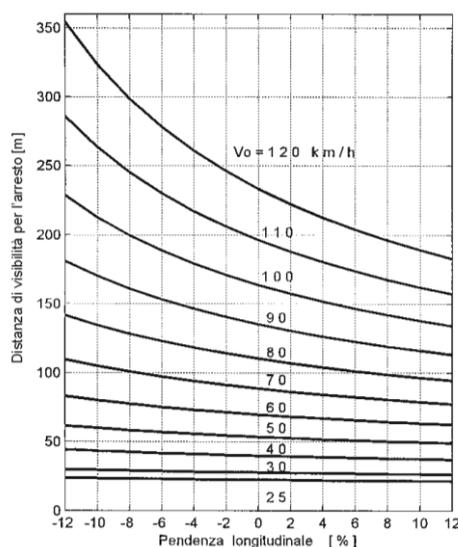
5. GEOMETRIA DEL TRACCIATO

5.1 Distanze di visibilità

La distanza di visuale libera lungo il tracciato stradale è stata verificata in relazione alle esigenze delle manovre di arresto, sorpasso e cambiamento di corsia.

La distanza di visibilità per l'arresto, pari allo spazio minimo necessario perché un conducente possa arrestare il veicolo in condizione di sicurezza davanti ad un ostacolo imprevisto, è stata valutata, per le verifiche che seguono, con la seguente espressione:

$$D_A = D_1 + D_2 = \frac{V_0}{3,6} \times \tau - \frac{1}{3,6^2} \int_{V_0}^{V_1} \frac{V}{g \times \left[f_l(V) \pm \frac{i}{100} \right] + \frac{Ra(V)}{m} + r_0(V)} dV \quad [m].$$



La visuale libera è stata verificata lungo tutto il tracciato stesso, e nelle rotonde, questa risulta sempre superiore alla distanza di visibilità per l'arresto, come precedentemente determinata, anche nei riguardi dei raccordi verticali e dell'arretramento degli ostacoli laterali.

Su ogni elemento plano-altimetrico omogeneo, le distanze di visibilità per l'arresto, per il sorpasso e per il cambiamento di corsia sono state valutate con riferimento al valore massimo della velocità del veicolo su quell'elemento, desunto dal diagramma delle velocità.

5.2 Andamento planimetrico dell'asse stradale

Il tracciato planimetrico è costituito da una successione di elementi geometrici tradizionali, quali i rettili, le curve circolari ed i raccordi a raggio variabile, composti secondo i criteri di seguito elencati.

- Tra due elementi a curvatura costante (cerchi o rettili) sono state inserite curve di raccordo a raggio variabile;
- I rettili hanno una lunghezza L_r inferiore al valore limite:

$$L_r = 22 \times V_p \text{ MAX} = 2200 \text{ m}$$

dove $V_{pMax}=100$ km/h è il limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto della strada, onde evitare il superamento delle velocità consentite.

- Allo scopo di poter essere correttamente percepiti dall'utente i rettifili hanno lunghezza non inferiore ai valori riportati nella tabella (ad eccezione dei rettifili di cui al punto 5.2.5. del D.M. 05.11.01), in cui per velocità si intende la massima desunta dal diagramma di velocità per il rettifilo considerato:

Velocità [km/h]	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Lunghezza min [m]	30	40	50	65	90	115	150	190	250	300	360

- Le curve circolari hanno uno sviluppo minimo corrispondente ad un tempo di percorrenza di almeno 2,5 secondi valutato con la velocità di progetto della curva stessa;
- I rapporti tra i raggi R1 e R2 di due curve circolari che si succedono lungo il tracciato si collocano all'interno della "zona accettabile" (punto 5.2.2. del D.M. 05.11.01);
- Tra un rettifilo di lunghezza L_r ed il raggio più piccolo fra quelli delle due curve collegate allo stesso, anche con l'interposizione di una curva a raggio variabile, è rispettata la relazione:

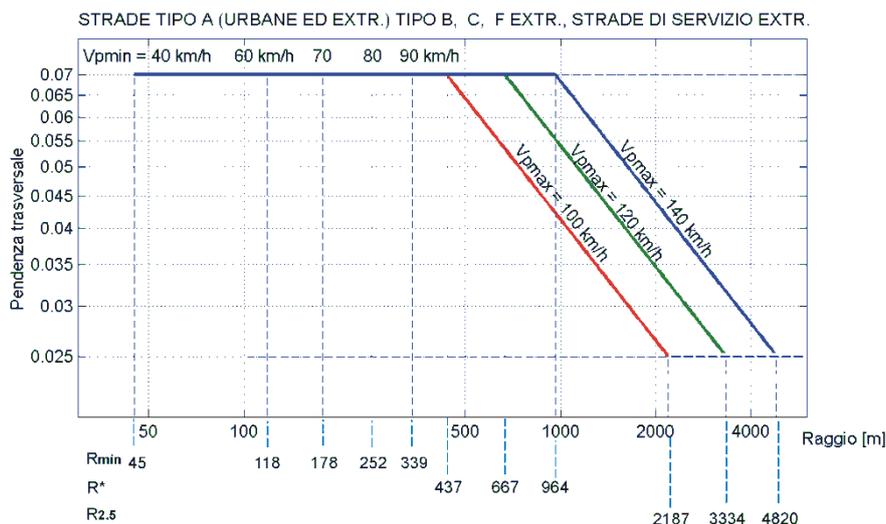
$$R > LR \quad \text{per} \quad LR < 300 \text{ m}$$

$$R \geq 400 \text{ m} \quad \text{per} \quad LR \geq 300 \text{ m}$$

- In rettifilo la pendenza trasversale minima per l'allontanamento dell'acqua superficiale è del 2.5% ($q = 0.025$) e la sistemazione della carreggiata è a due falde. Valori inferiori sono previsti solo nei tratti di transizione tra elementi caratterizzati da opposte pendenze trasversali.
- La pendenza trasversale massima in curva è del 7% ($q=0,07$) verso l'interno della carreggiata ed è costante su tutto lo sviluppo dell'arco di cerchio.
- La pendenza trasversale in curva è assegnata in funzione del raggio, considerando il legame tra la velocità di progetto V_p , la pendenza trasversale in curva i_c e la quota parte del coefficiente di aderenza impegnato trasversalmente f_t , secondo la relazione

$$\frac{V_p^2}{R \times 127} = q + f_t$$

- e quanto indicato al punto 5.2.4. del D.M. 05.11.01;
- Sulla base di quanto sopra il raggio minimo per la strada in progetto è $R_{min}=118$ m, calcolato adottando la pendenza trasversale massima ($q_{max}=0.07$) e la velocità di progetto minima $V_{p,min}=60$ km/h



- La pendenza geodetica J risultante dalla combinazione della pendenza trasversale i_c e di quella longitudinale i_l , assumendo una pendenza longitudinale massima pari a $i_l = 7\%$ e la pendenza trasversale massima $i_c = 7\%$ è uguale a:

$$J = \sqrt{i_l^2 + i_c^2} = 9,9\%$$

risulta inferiore al valore limite del 12%.

5.3 Curve a raggio variabile

Le curve a raggio variabile utilizzate per il raccordo di elementi planimetrici di curvatura diversa sono clotoidi, descritte dall'equazione:

$$r \times s = A^2$$

dove:

r = raggio di curvatura nel punto P generico

s = ascissa curvilinea nel punto P generico

A = parametro di scala

I criteri di verifica nella scelta del parametro della clotoide sono quelli previsti al paragrafo 5.2 delle suddette norme geometriche:

- Criterio della limitazione del contraccolpo
- criterio della sovrappendenza longitudinale delle linee di estremità carreggiata
- Criterio ottico

5.4 Andamento altimetrico dell'asse

Il profilo altimetrico è costituito da tratti a pendenza costante (livellette) collegati da raccordi verticali convessi e concavi. La pendenza massima adottabile per la strada in progetto (classe C) secondo quanto indicato dal D.M. 05.11.01 è il MAX = 7%, con la possibilità di aumento di una unità qualora da verifiche specifiche risulti che tale adozione non penalizzi la qualità della

elaborati , costituendo l'asse del complesso geometrico, ma significa che, in questi tratti, i rami di innesto ed uscita dalla rotatoria si separano, dovendo rispondere ad altri criteri geometrici e funzionali.

Fra i vincoli è stato tenuto conto anche di un traliccio della linea aerea elettrica da cui è stato possibile mantenere un distanziamento dal margine della strada, come prescrizioni di distanze di rispetto per i sostegni degli elettrodotti (cfr. D.M. 21.03.1998).

6. BARRIERE DI SICUREZZA

Le barriere di sicurezza sono previste in tutti i tratti in cui si verificano le condizioni necessarie al loro inserimento, soprattutto si riscontrano le seguenti casistiche:

- Superamento quota del rilevato di 1.0m dal p.c.;
- Presenza del canale di raccolta delle acque di compensazione delle lottizzazioni P.M.U. che corre lungo il margine laterale del rilevato stradale per tutto il Tratto 1;
- Presenza di ostacoli laterali (ad es. il traliccio della rete elettrica nel tratto 3).

I parametri di progetto sono i seguenti:

- Strada tipo C1
- Traffico di tipo III (TGM > 1000, % veic. pesanti >15%).

Sotto queste ipotesi, le barriere di progetto secondo quanto disposto dal D.M. n.223 18 febbraio 1992 e s.m.i. sono le seguenti per tutta la variante:

- Barriera Bordo Laterale H2
- Barriera Bordo Ponte H3

Le ipotesi di cui sopra si riscontrano al momento, per i dati disponibili, su tutti e tre i tratti di progetto per via della prescrizione della quota minima di sicurezza idraulica.

7. RISPETTO D.M. 5.11.2001 E S.M.I.

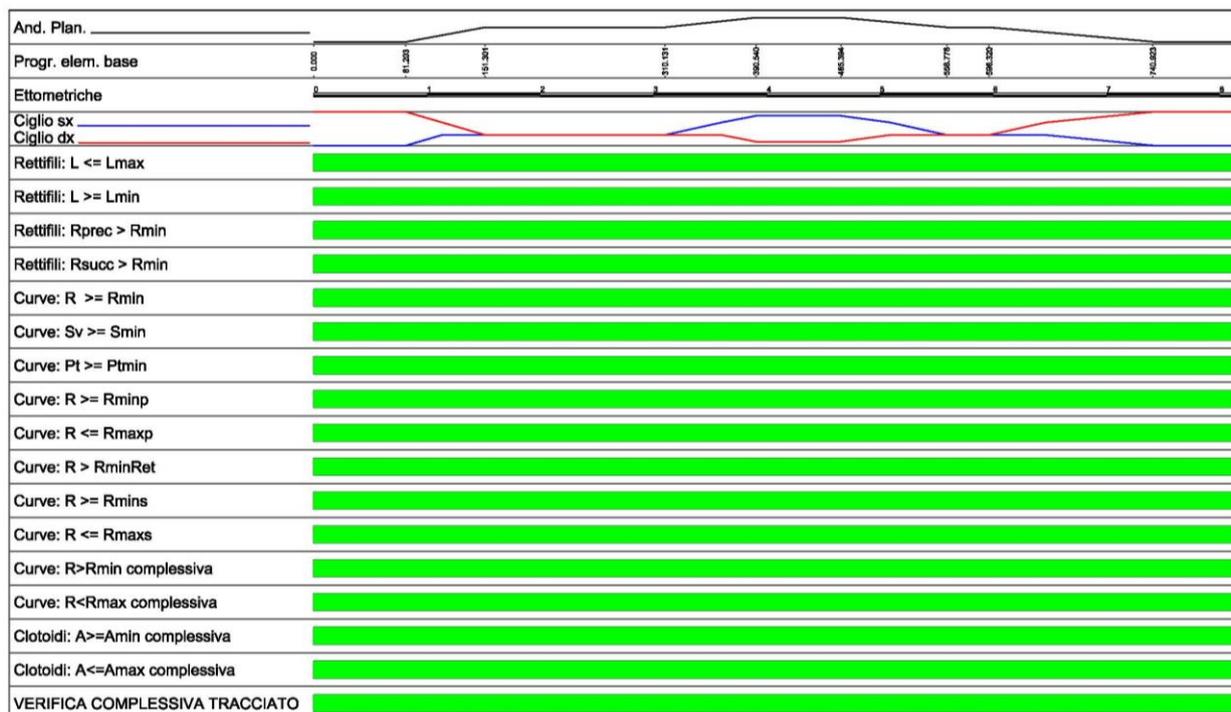
7.1 Generalità

Come già accennato, l'intero progetto si sviluppa in tre tratti. Tutti gli assi dei tracciati di progetto sono stati geometrizzati, seguendo le indicazioni del decreto di riferimento, mediante idonei elementi geometrici.

7.2 Verifica Tracciato 1

Nella tavola sinottica sottostante sono riassunti tutti gli elementi e le verifiche del rispetto della normativa effettuate per questo tracciato. In alcuni casi, la vincolante complessità del contesto ha richiesto di spingere già in questa fase progettuale la geometrizzazione ad una accuratezza elevata, dovendo alcuni elementi essere in equilibrio reciproco: vedasi ad es nella tabella di seguito: il rettilineo 1, superiore alla lunghezza minima di 150m per soli 3.02 o l'arco di curva centrale, di sviluppo 71.48m superiore al valore minimo per soli 2.04m.

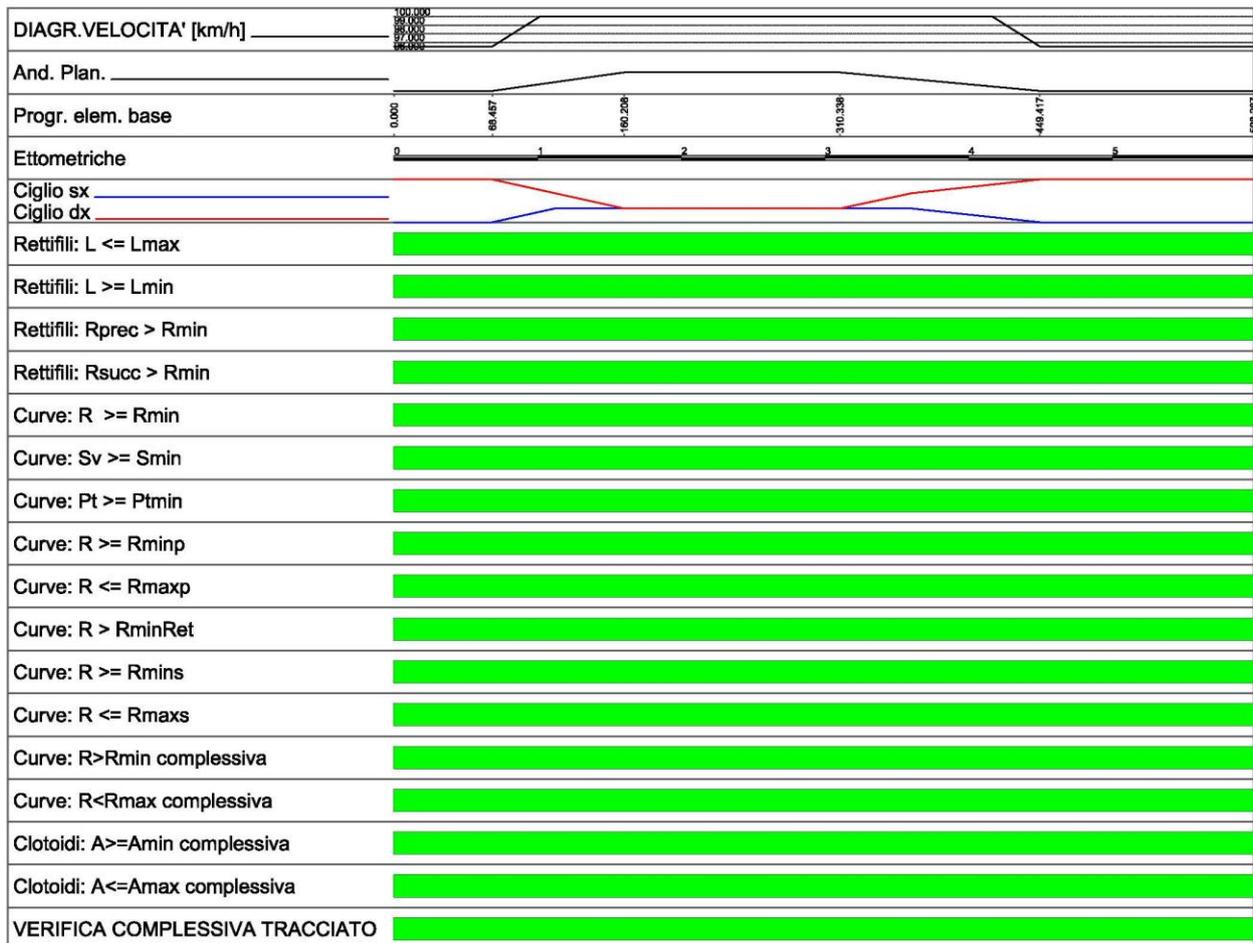
Elem	Prog. I	Prog. F	Svil.	Param.	Raggio I	Raggio F	verso	Pt dx	pt sx	V
ARCO	0.00	83.76	83.76	0.00	465.00	465.00	Sx	6.73	-6.73	100.00
CLOTOIDE	83.76	153.86	70.10	180.54	465.00	0.00	Sx	0.00	0.00	100.00
RETTIFILO	153.86	306.87	153.02	0.00	0.00	0.00		-2.50	-2.50	100.00
CLOTOIDE	306.87	385.97	79.10	235.98	0.00	704.00	Dx	0.00	0.00	100.00
ARCO	385.97	457.45	71.48	0.00	704.00	704.00	Dx	-5.16	5.16	100.00
CLOTOIDE	457.45	579.38	121.92	292.98	704.00	0.00	Dx	0.00	0.00	100.00
RETTIFILO	579.38	596.94	17.56	0.00	0.00	0.00		-2.50	-2.50	100.00
CLOTOIDE	596.94	732.30	135.37	252.73	0.00	471.83	Sx	0.00	0.00	100.00
ARCO	732.30	808.76	76.46	0.00	471.83	471.83	Sx	6.67	-6.67	100.00



7.3 Verifica Tracciato 2

Nella tavola sinottica sottostante sono riassunti tutti gli elementi e le verifiche del rispetto della normativa effettuate per questo tracciato. In questo caso, la vincolante complessità del contesto ha richiesto un meticoloso affinamento progressivo, mediante approssimazioni successive, già in questa fase progettuale, con una geometrizzazione di accuratezza elevata: vedasi ad es nella tabella di seguito: il primo arco, con lo sviluppo minimo di 67.03 per soli 1.43m o il rettifilo centrale, di sviluppo 150.13m superiore al valore minimo per soli 0.13m.

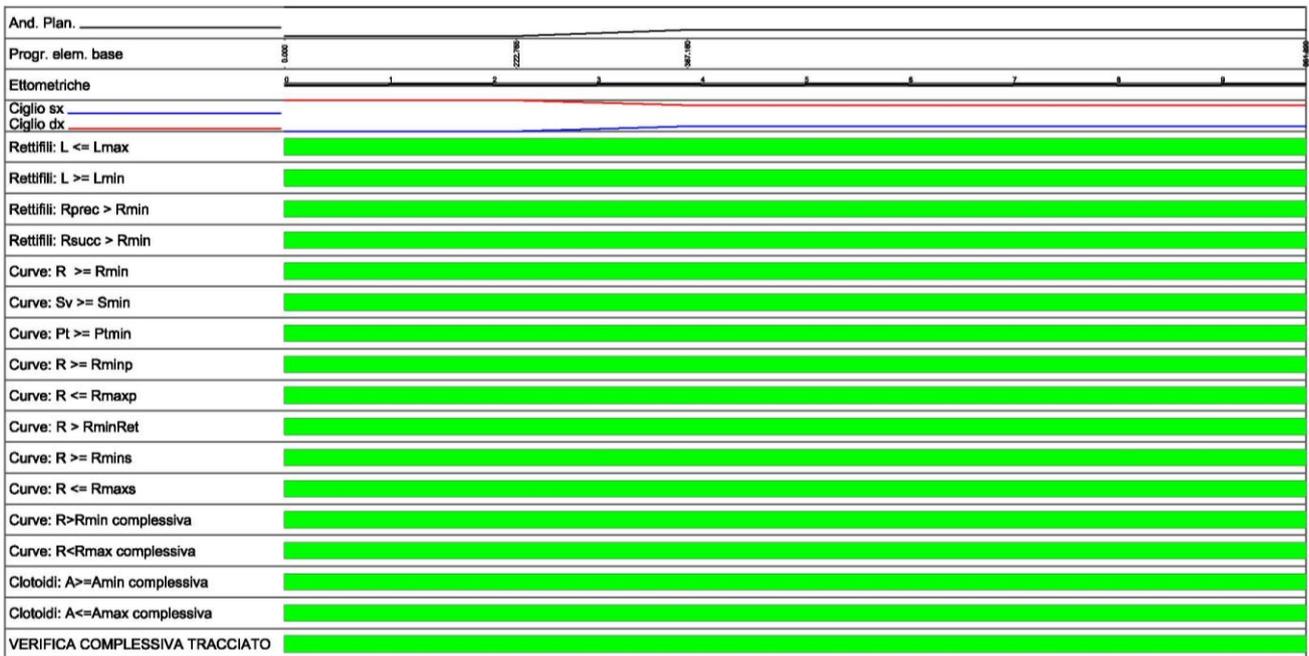
Elem	Prog. I	Prog. F	Svil.	Param.	Raggio I	Raggio F	verso	Pt dx	pt sx	V
ARCO	0.00	68.46	68.46	0.00	400.00	400.00	Sx	7.00	-7.00	96.53
CLOTOIDE	68.46	160.21	91.75	191.57	400.00	0.00	Sx	0.00	0.00	100.00
RETTIFILO	160.21	310.34	150.13	0.00	0.00	0.00		-2.50	-2.50	100.00
CLOTOIDE	310.34	449.42	139.08	235.86	0.00	400.00	Sx	0.00	0.00	100.00
ARCO	449.42	598.29	148.87	0.00	400.00	400.00	Sx	7.00	-7.00	96.53



7.4 Verifica Tracciato 3

Nella tavola sinottica sottostante sono riassunti tutti gli elementi e le verifiche del rispetto della normativa effettuate per questo tracciato. Anche in questo caso alcuni vincoli del contesto hanno richiesto già in questa fase progettuale un meticoloso affinamento progressivo, con una geometrizzazione di accuratezza elevata.

Elem	Prog. I	Prog. F	Svil.	Param.	Raggio I	Raggio F	verso	Pt dx	pt sx	V
ARCO	0.00	221.57	221.57	0.00	900.00	900.00	Sx	4.41	-4.41	100.00
CLOTOIDE CONT.	221.57	385.96	164.39	570.53	900.00	1650.00	Sx	0.00	0.00	100.00
ARCO	385.96	980.62	594.66	0.00	1650.00	1650.00	Sx	2.99	-2.99	100.00



8. CORPO STRADALE

8.1 RILEVATO STRADALE

8.1.1 Descrizione generale

Il corpo stradale risulta, in pratica, costituito da un rilevato di modesta altezza (ad eccezione del Tratto 3) da realizzarsi con materiali riciclati, rifiuti ottenuti dai lavori di costruzione e demolizione di opere edili e/o stradali realizzate con materiali riciclati, previa adeguata preparazione del piano di posa con bonifica dello stesso. La finalità progettuale è quella di limitare il più possibile la movimentazione delle terre, limitando il più possibile l'approvvigionamento di nuove tramite l'esecuzione di lavorazioni che prevedono la bonifica in sito dei terreni e l'utilizzo di materiali riciclati. La regione Toscana ha inteso dare attuazione agli obiettivi della politica comunitaria di migliorare la gestione dei rifiuti sul territorio definendo le caratteristiche qualitative dei prodotti, gli utilizzi consentiti ed il corrispondente valore economico dei prodotti e delle lavorazioni necessarie.

I materiali riciclati ottenuti dal recupero e trattamento dei rifiuti e conformi alle specifiche normativamente previste cessano la qualifica di rifiuto e divengono prodotti a tutti gli effetti (Direttiva 2008/98/CE).

8.1.2 Bonifica del piano di posa del rilevato tramite stabilizzazione a calce del terreno in sito

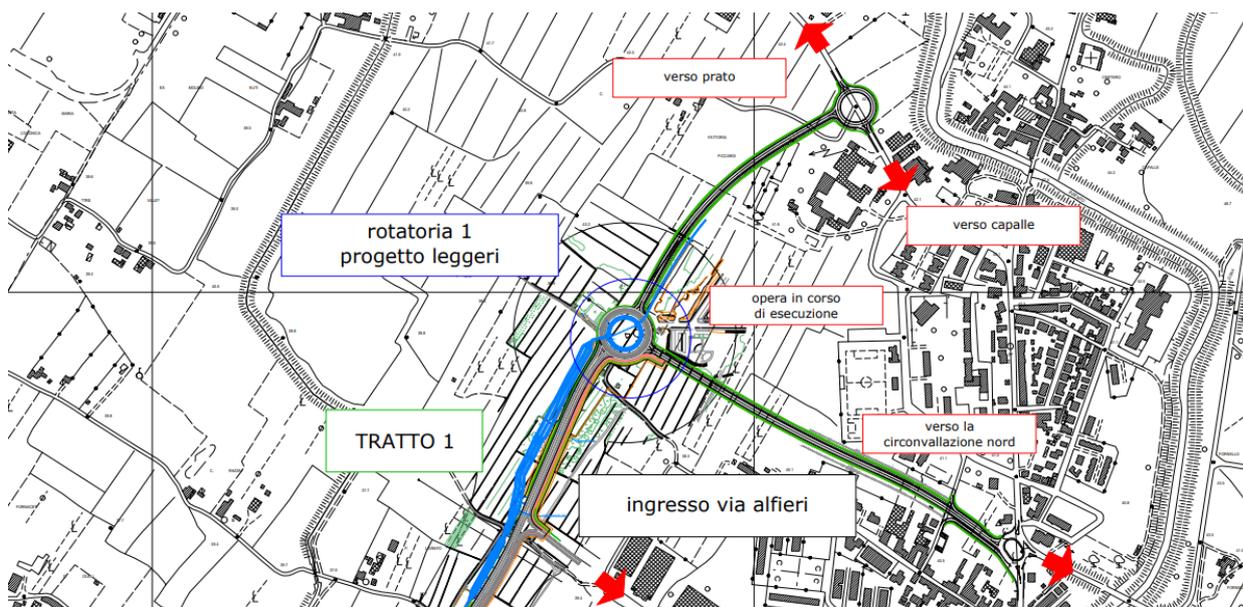
La scelta progettuale è stata quella di realizzare uno scotico superficiale del piano di campagna di spessore 30 cm e di eseguire un trattamento di bonifica in sito del terreno, privo del suddetto strato di scotico superficiale, con trattamento di stabilizzazione a calce per uno spessore di terreno trattato pari a 40 cm. La stabilizzazione del terreno con calce comporta un consistente risparmio in termini economici, ma soprattutto una netta riduzione della terra da movimentare che così trattata rimane in loco.

La suddetta scelta progettuale di stabilizzazione del piano di posa del rilevato con calce è stata suffragata dalle indagini di laboratorio e prove in sito condotte in fase di progettazione esecutiva della variante all'abitato di Capalle, e dalle prove di portanza eseguite a seguito di stabilizzazione del piano di posa durante la cantierizzazione della stessa opera. La presenza delle suddette indagini eseguite su un tratto stradale di recente realizzazione, posto in diretta adiacenza del tracciato stradale oggetto della presente progettazione che si attesta ad esso ed avente caratteristiche realizzative, altezza del rilevato stradale simile a quella del presente progetto, ha permesso già in questa fase progettuale di optare per tale trattamento di bonifica in loco.

Per quanto esposto in precedenza si rimanda a quanto riportato al Cap.8 della Relazione Geologica del progetto esecutivo della variante dell'abitato di Capalle alla Relazione Geotecnica

allegata allo stesso progetto esecutivo ove sono riportati i risultati delle indagini di laboratorio e prove in sito (del cosiddetto “campo prova”) che ne hanno certificato la fattibilità dell’intervento di bonifica.

Per quanto riguarda le prove effettuate recentemente presso il cantiere adiacente nell’ambito della realizzazione della Circonvallazione di Capalle (Ing. Paolo Leggeri).



In particolare si rappresentano le caratteristiche del progetto eseguito dando evidenza delle similitudini con quello invece oggetto del presente lavoro da realizzarsi in adiacenza e come prosecuzione naturale dello stesso.

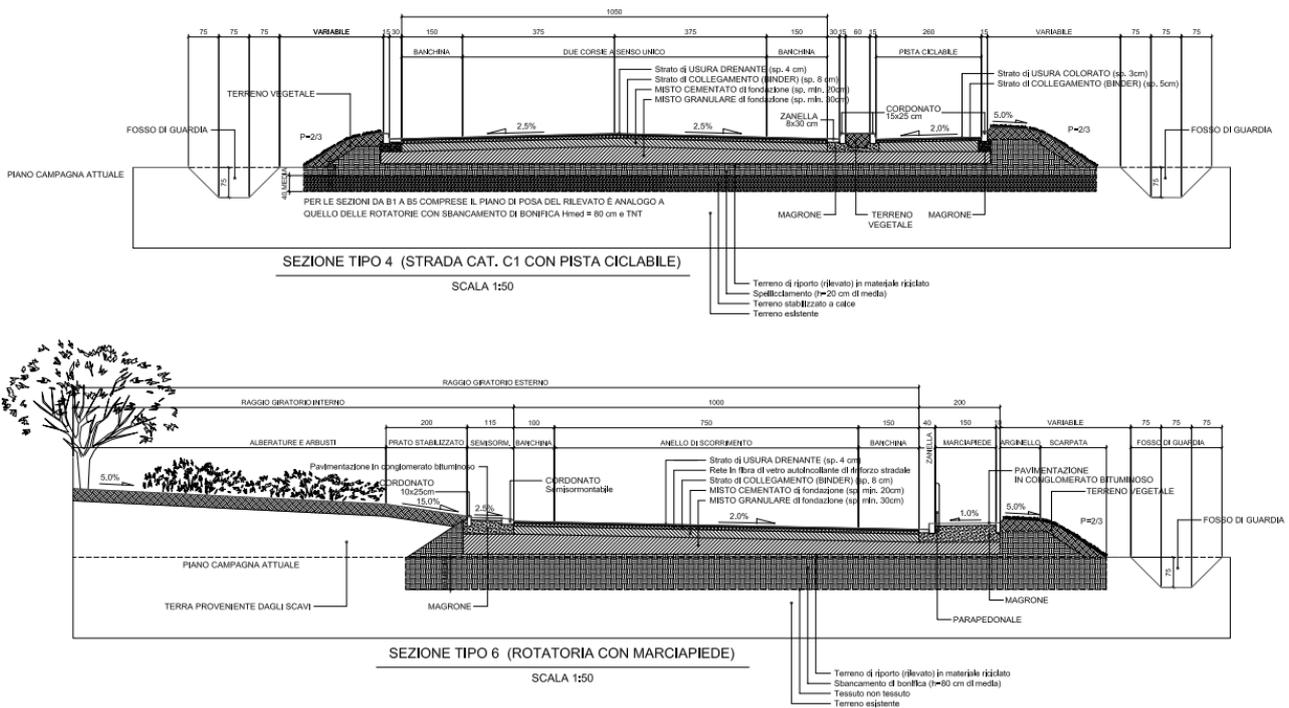
Non entreremo in merito alle caratteristiche planimetriche del tracciato dando invece risalto alle caratteristiche della sezione tipologica ed in particolare alla preparazione del fondo scavo mediante stabilizzazione in sito del terreno, riportando i risultati delle prove eseguite a lavorazione avvenuta.

Si riporta la sezione tipologica della strada nell’ambito del progetto della Circonvallazione di Capalle (Ing. Paolo Leggeri).

Nel progetto suddetto è stato diversificato la sezione tipo da quella in rotatoria. Nella sezione tipologica andante dopo lo scotico era previsto di trattare 40 cm di terreno in loco mediante stabilizzazione a calce. Era stato fatto un campo prova al fine di convalidare tecnicamente la lavorazione con esito positivo.

Durante la esecuzione dei lavori è stato approfondito lo scavo di ulteriori 20 cm oltre lo scotico per eliminare completamente lo strato coltrato presente e spesso mediamente 70-80 cm, il tutto mantenendo comunque la tipologia prevista a progetto.

Il pacchetto stradale soprastante è quello usualmente impiegato per questa tipologia di strada.



Durante l'esecuzione dei lavori è stato certificato mediante prove su piastra la non idoneità del piano di scavo non trattato e successivamente al trattamento a calce in loco la idoneità dello stesso.

Mediamente, senza entrare nel merito dei singoli risultati peraltro inerente ad altro lavoro ancora in corso di esecuzione, la Direzione Lavori ha confermato nella sostanza che:

- le prove su piastra sul terreno di scavo Txx non davano la portanza necessaria
- le prove su piastra sul terreno stabilizzato SCxx davano la portanza necessaria

Si riporta per completezza la voce di prezzo che prevedeva tale lavorazione.

“Stabilizzazione di terreni mediante stesa di ossido di calcio fino al 4% del peso a secco del materiale da stabilizzare, compreso nel prezzo, spessore strato non sup. a 40 cm, con spanditrici a proporzionamento elettrico e miscelazione legante/terreno con stabilizzatrice, successiva compattazione con rullo di peso non inferiore a 180 ql, verifica con piastra di prova d. 300 mm e bagnatura di processo, stabilizzatrice semovente; compreso trasporto al cantiere e ritiro in deposito dei macchinari ed eventuale fermo macchina.”

8.1.3 Realizzazione del corpo del rilevato

Per quanto riguarda la formazione del corpo del rilevato la scelta progettuale adottata nella presente progettazione definitiva dell'opera prevede l'utilizzo di materiali riciclati provenienti da attività di costruzione o demolizione prevalentemente costituiti da laterizi, murature, frammenti di conglomerati cementizi anche armati, rivestimenti e prodotti ceramici, scarti dell'industria di prefabbricazione di manufatti in calcestruzzo anche armato, frammenti di sovrastrutture stradali o ferroviarie, conglomerati bituminosi fresati a freddo, intonaci, allettamenti.

L'aggregato misto granulare riciclato non legato impiegato nella costruzione del corpo del rilevato è composto da aggregati ottenuti mediante recupero dei rifiuti non pericolosi eventualmente addizionati con materiali naturali aventi le seguenti caratteristiche.

I materiali devono essere designati in conformità alla Norma UNI EN 13242.

Le caratteristiche geometriche degli aggregati riciclati impiegati nel corpo del rilevato devono essere conformi alle prescrizioni riportate nella seguente tabella.

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Dimensione dell'aggregato (designazione)	UNI EN 933-1	d/D	mm	valore dichiarato
Dimensione massima dell'aggregato		D _{max}	mm	125
Percentuale di particelle rotte frantumate e di particelle totalmente arrotondate negli aggregati grossi	UNI EN 933-5	C	%	valore dichiarato
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	f	%	≤ 15
Equivalenti in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	> 20
Valore di blu	UNI EN 933-9	MB	-	valore dichiarato

La composizione granulometrica della miscela deve rispettare i limiti dimensionali riportati nella seguente tabella.

REQUISITO	NORMA	UM	SETACCIO	PASSANTE	
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	%	mm	min	max
			63	85	100
			4	0	60
			0,063	0	15

I requisiti fisici e di durabilità degli aggregati riciclati impiegati nel corpo del rilevato devono essere conformi alle prescrizioni riportate nella seguente tabella.

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-2	LA	%	≤ 45
Resistenza all'usura dell'aggregato grosso (Micro Deval)	UNI EN 1097-1	M _{DE}	%	valore dichiarato
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤ 4

8.2 SOVRASTRUTTURA STRADALE

8.2.1 Descrizione generale

Nella presente fase definitiva di progettazione si è proceduto al dimensionamento del pacchetto di sovrastruttura stradale conto dei flussi veicolari. La scelta progettuale prevede l'utilizzo di un tappeto di usura dello spessore di 4 cm in conglomerato bituminoso modificato del tipo drenante e fonoassorbente, in considerazione dei seguenti vantaggi:

- maggiore resistenza meccanica;
- riduzione dell'inquinamento acustico;
- maggiore sicurezza in caso di condizioni meteorologicamente avverse, in quanto impedisce la formazione del velo d'acqua.

Il pacchetto di pavimentazione stradale da realizzare sarà di tipo semi-rigido, costituita da uno strato superficiale di usura e un sottostante strato di collegamento in conglomerato bituminoso poggiante su uno strato di base in misto cementato e su di uno strato di fondazione realizzato con materiale arido non legato.

La nuova pavimentazione, pertanto, avrà uno spessore complessivo di 62 cm così ripartiti:

- strato di usura drenante e fonoassorbente 4 cm
- strato di collegamento (binder) 8 cm
- strato di base in misto cementato 20 cm
- strato di fondazione in misto granulare stabilizzato 30 cm

La tipologia di pavimentazione individuata, per il traffico previsto, richiede un terreno di sottofondo in possesso di adeguate capacità portanti che tradotti in termini numerici corrispondono ad un modulo di deformazione (Md) immediatamente al di sotto dello strato di fondazione di almeno 50 MPa. Detto modulo con la soluzione di stabilizzazione del piano di posa del rilevato con calce (consolidamento e/o bonifica dei terreni in sito) è stato ampiamente raggiunto durante le indagini preliminari condotte all'interno del "Campo prova" e nelle prove eseguite durante la realizzazione della nuova Variante dell'abitato di Capalle (come riportato al paragrafo precedente) realizzando uno scotico di 30 cm ed il successivo trattamento del terreno con calce utilizzando un CIC del 4% in peso per uno spessore di 40 cm.

Nel seguito vengono riportati i calcoli di verifica della pavimentazione di progetto.

8.2.2 Calcolo del numero di passaggi di assi equivalenti durante la vita utile della pavimentazione

Preso a riferimento un TGM monodirezione pari a 12000 veicoli con una percentuale di veicoli pesanti del 12%

Categoria di strada scelta: Categoria C1 strada extraurbana secondaria

Per la composizione del traffico previsto su ciascun tipo di strada sono stati assunti degli spettri tipici di veicoli commerciali (massa complessiva $\geq 3t$) riportati in tabella 2 del catalogo della pavimentazioni stradali, mentre in tabella 3 è indicata la loro frequenza, espressa in percentuale, sul totale dei mezzi commerciali.

TGM Veic. Pesanti = 1440 Vicoli Pesanti

Cat.	Veicolo	% mix traff.	N. Veic. Pes.
1	autocarri leggeri	0,0	0
2	autocarri leggeri	13,1	189

3	autocarri medi e pesanti	39,5	569
4	autocarri medi e pesanti	10,5	151
5	autocarri pesanti	7,9	114
6	autocarri pesanti	2,6	37
7	autotreni e autoarticolati	2,6	37
8	autotreni e autoarticolati	2,5	36
9	autotreni e autoarticolati	2,6	37
10	autotreni e autoarticolati	2,5	36
11	autotreni e autoarticolati	2,6	37
12	autotreni e autoarticolati	2,6	37
13	mezzi d'opera	0,5	7
14	autobus	0,0	0
15	autobus	0,0	0
16	autobus	10,5	151

Distribuzione dei carichi per asse (kN - quintali)

Singoli				Tandem ant.		Tandem post.		Tridem		
10			20							
15			30							
40			80							
50			110							
40						80	80			
60						100	100			
40	90	80	80							
60	100	100	100							
40				80	80	80	80			
60				90	90	100	100			
40			100					80	80	80
60			110					90	90	90
50			120					130	130	130
40			80							
60			100							
50			80							

Distribuzione dei carichi per asse (kips)

Singoli				Tandem ant.		Tandem post.		Tridem		
2,2			4,4							
3,3			6,6							
8,8			17,6							
11			24,1							
8,8						17,6	17,6			
13,2						22	22			
8,8	19,8	17,6	17,6							

13,2	22	22	22					
8,8				17,6	17,6	17,6	17,6	
13,2				19,8	19,8	22	22	
8,8			22					17,6 17,6 17,6
13,2			24,1					19,8 19,8 19,8
11			26,3					28,5 28,5 28,5
8,8			17,6					
13,2			22					
11			17,6					

Pavimentazioni semirigide

Coefficienti di equivalenza per pavimentaizoni semirigide:

Singoli				Tan. Ant.	Tan.Post.	Tridem
0,0005			0,0043			
0,0014			0,0196			
0,0618			0,9287			
0,1512			2,7344			
0,0618					1,2728	
0,3115					2,7786	
0,0618	1,4127	0,9287	0,9287			
0,3115	2,0202	2,0202	2,0202			
0,0618				1,2728	1,2728	
0,3115				1,9392	2,7786	
0,0618			2,0202			1,5308
0,3115			2,7344			2,3379
0,1512			3,619			7,6842
0,0618			0,9287			
0,3115			2,0202			
0,1512			0,9287			

Singoli				Tan. Ant.	Tan.Post.	Tridem
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,3	0,0	0,0	3,7	0,0	0,0	0,0
35,2	0,0	0,0	528,2	0,0	0,0	0,0
22,9	0,0	0,0	413,4	0,0	0,0	0,0
7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	144,8	0,0
11,7	0,0	0,0	0,0	0,0	104,0	0,0
2,3	52,9	34,8	34,8	0,0	0,0	0,0
11,2	72,7	72,7	72,7	0,0	0,0	0,0
2,3	0,0	0,0	0,0	47,7	47,7	0,0
11,2	0,0	0,0	0,0	69,8	100,0	0,0
2,3	0,0	0,0	75,6	0,0	0,0	57,3

11,7	0,0	0,0	102,4	0,0	0,0	87,5
1,1	0,0	0,0	26,1	0,0	0,0	55,3
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22,9	0,0	0,0	140,4	0,0	0,0	0,0

142	126	107	1397	117	397	200
-----	-----	-----	------	-----	-----	-----

W18 eff.= 2486 Numero di passaggi giornalieri in assi equivalenti

Calcolo del passaggi previsti durante la vita utile della pavimentazione

$$N_{8,2} = 365 \cdot W_{18} \cdot P_d \cdot P_l \cdot d \cdot \frac{(1+r)^n - 1}{r} = \mathbf{12105108}$$

Passaggi di assi equivalenti durante la vita utile della pavimentazione dove:

- Pd = 0,56 Coeff. che tiene conto della distribuzione del traffico per ciascun senso di marcia
 Pl = 1 Coeff. che tiene conto della distribuzione dei veicoli pesanti tra le due corsie
 d = 0,8 Coeff. che tiene conto della dispersione delle traiettorie
 r = 0,04 Percentuale tasso di crescita annuo del traffico
 n = 20 Numero di anni di vita della pavimentazione

8.2.3 Verifica pacchetto di pavimentazione semirigida

Metodo “A.A.S.H.T.O. Guide”

Strati della pavimentazione:

Usura	4 cm	C.B.
Collegamento	8 cm	C.B.
Base	20 cm	Misto Cementato
Fondazione	30 cm	Misto granulare non legato

R Affidabilità

L'affidabilità R esprime la probabilità che il numero di applicazioni di carico Nt, sopportabili da una pavimentazione prima di raggiungere un preciso valore di PSIfin (cioè l'ammaloramento della struttura), sia uguale o maggiore del numero di applicazioni NT realmente applicate nel periodo di progettazione considerato. I valori di R variano fra 50%

e 99.9%.

La “A.A.S.H.T.O. Guide” suggerisce i valori da adottare in funzione del tipo di strada. Per le strade importanti sono consigliati valori alti per avere un rischio minore di deterioramento prematuro; nel caso particolare delle extraurbane principali si ha una R del 90%.

R = 90 % Affidabilità

In base al valore dell'affidabilità R si ricavano i parametri Z_r e S_O

Per pavimentazioni flessibili è stato visto che, fissato R, S_O assume un valore medio compreso fra 0.4 e 0.5. I valori di Z_r sono invece tabulati in funzione del valore di R.

Z_r = -1,282 S_O = 0,49

Mr Modulo Resiliente

Il Modulo Resiliente MR rappresenta, la portanza del sottofondo.

Mr = 90 N/mm² = 13088 psi Modulo Resiliente

SN Structural Number

Attraverso questo parametro si tiene conto della resistenza strutturale della pavimentazione.

L'espressione matematica generale di SN è la seguente:

$$SN = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 \cdot m_2 + a_3 \cdot D_3 \cdot m_3 = 11,40 \text{ cm} = 4,49 \text{ in}$$

D₁, D₂, D₃ sono gli spessori in cm degli strati (superficie – base – fondazione)

a₁, a₂, a₃ sono i relativi coefficienti strutturali

m₂, m₃ sono i coefficienti di drenaggio

PSI Indice di servizio

L'indice di servizio PSI (Present Serviceability Index) esprime il grado di ammaloramento della

pavimentazione. Il suo valore varia fra 5 (ottime condizioni) e 0 (pessime condizioni). Di solito si assume come valore iniziale 4.5 e non 5 per cautelarsi da eventuali difetti di costruzione.

Il valore finale PSI_{fin} varia fra 2 (strade secondarie per le quali si accetta un ammaloramento più evidente) e 2.5 – 3 (strade principali e autostrade). In questo caso viene adottato:

PSI iniz. = 4,5 PSI fin. = 2,5 ΔPSI = 2

Calcolo di passaggi equivalenti del carico per asse da 18 Kips (8,2 t)

$$\log(W_{18cm}) = Z_r \cdot S_O + 9.36 \cdot \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{-0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot \log(M_R) - 8.07$$

$$\log (w18\text{amm}) = 7,34$$

$$W18 \text{ amm} = 21920479 \text{ Numero passaggi di assi equivalenti da 18 Kips}$$

9. IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

9.1 Descrizione generale

Nella presente fase progettuale definitiva si è proceduto al dimensionamento delle armature stradali per l'illuminazione della viabilità ipotizzando che, in considerazione della lunghezza complessiva della strada, saranno suddivise su tre impianti distinti, quindi l'intervento in oggetto sarà suddiviso in tre aree contigue. I tre impianti faranno quindi capo a due allacci separati all'ente di distribuzione di energia elettrica.

La definizione di ulteriore dettaglio dell'impianto, comprensiva della verifica illuminotecnica dei corpi illuminanti, viene rimandata alla fase esecutiva di progettazione.

9.2 Normativa di riferimento

L'impianto deve essere realizzato in conformità della legge 186 del 1 marzo 1968 che indica nelle norme emanate dal Comitato Elettrotecnico Italiano i criteri necessari per la realizzazione secondo buona tecnica.

In particolare occorrerà fare riferimento, in fase di collaudo, alle seguenti norme CEI ed UNEL, non escludendo il rispetto di altre pertinenti non citate:

- Norma CEI 64-8 per gli impianti elettrici utilizzatori, edizione IV e successive varianti;
- Norma CEI 11-1 per gli impianti di messa a terra;
- Guida CEI 64-12 per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario, edizione del Luglio 1993 e successive varianti;
- Norma 17-13 per le apparecchiature costruite in fabbrica ACF - (Quadri Elettrici), fasc. 542 e successive varianti ed integrazioni CEN EN;
- Norma UNEL 35023-70 sulle portate dei cavi in regime permanente;
- Norma UNEL 35023-71 sulle cadute di tensione dei cavi;

Dovranno altresì essere rispettati:

- il D.Lgs. 9 aprile 2008 n. 81 - testo unico della sicurezza;

- il Decreto n. 37 del 22 gennaio 2008 (ex Legge 46/90);
- le prescrizioni e le raccomandazioni degli organismi preposti ai controlli o comunque determinanti ai fini dell'installazione e dell'esercizio: ISPESL, VVF, ASL, ecc.

9.3 Elenco delle opere da realizzare

La fornitura e posa in opera di materiali sarà di primaria qualità, essi saranno rispondenti alle relative norme di prodotto completi di marcatura CE ed installati a perfetta regola d'arte secondo le vigenti norme tecniche del CEI ai fini di rendere l'impianto fornito completamente funzionante.

In particolare gli impianti da installare sono descritti sinteticamente di seguito:

Quadri Elettrici

Saranno forniti e posti in opera:

- quadro contatore normalmente posto in contenitore da esterno con portellino. Il quadretto sarà tipicamente composto da uno o più interruttori magnetotermico differenziale selettivo 2P/4P a seconda dei casi;
- quadro illuminazione esterna. La voce comprende tutti gli allacci elettrici, entranti ed uscenti, e tutte le attività accessorie, quali quelle murarie, di fabbro, di elettricista, ecc., per rendere l'opera perfettamente funzionante.

I quadri avranno grado di protezione almeno IP55 adatto per ambienti esterni e tale grado di protezione non dovrà essere diminuito per l'ingresso dei cavi al loro interno. Su ogni quadro, eseguito in conformità alla norma CEI relativa, sarà posta la targa del costruttore.

Gli interruttori saranno tipo Btdin muniti di porta cartellino integrato che consente l'individuazione del circuito protetto anche in assenza di pannello anteriore del quadro, in caso di verifiche o manutenzione.

Il cablaggio dei quadri di distribuzione sarà effettuato con sistema tipo Easy Tifast.

Condutture

La distribuzione dell'impianto di illuminazione esterna sarà composto dalle condutture (polifere) e dai cavi elettrici che avranno origine dal contatore e termineranno agli apparecchi di illuminazione.

Le polifere saranno realizzate con tubazioni corrugate e dovranno essere protette da bauletto in cls e complete di pozzetti di ispezione; nell'impianto si intendono incluse, tutte le apparecchiature di protezione linee e sono inclusi tutti gli apparecchi di illuminazione completi delle lampade, dei relativi supporti su palo e relativi pozzetti e fondazioni di supporto.

Le linee esterne interrate saranno eseguite con cavo isolato in gomma con guaina e grado di isolamento 0,6/1 kV. Detti cavi saranno posati in appositi cavidotti interrati a quota -80 cm dal piano di campagna secondo CEI 11-17, provvisti di pozzetti rompitratto e dotati di chiusini

carrabili.

Armature stradali

È prevista l'installazione delle linee e l'alimentazione dei punti luce su palo per l'illuminazione della viabilità. In ogni caso i cavi di alimentazione degli apparecchi illuminanti saranno posati entro cavidotti in polietilene a doppia parete, lisci internamente e pertanto saranno del tipo con guaina isolati in gomma G7 con tensione di isolamento 0,6/1kV.

L'accensione delle luci esterne sarà del tipo automatico con interruttore crepuscolare e parzializzazione oraria, il tutto commutabile in manuale.

Le armature illuminanti saranno del tipo concordato con l'Amministrazione Comunale, complete di tutte le apparecchiature e di lampada.

Manovrando opportunamente i dispositivi di fissaggio al sostegno e di messa a fuoco, dovranno risultare perfettamente allineate e realizzare il solido fotometrico progettato.

Dovranno contenere, oltre alle apparecchiature di regolarizzazione suddette, un fusibile a cartuccia di protezione da 6A.

I lampioni stradali saranno omologati semi-cut off per zona di tipo 2 e rispondenti ai requisiti richiesti dalla legge regionale Toscana n. 37 del 21 marzo 2000.

Armatura stradale LED marca PHILIPS modello UNISTREET GEN 2 o similare, realizzata in classe 2, corpo in alluminio pressofuso ad alta pressione e copertura in policarbonato piatto colore grigio, temperatura di colore 4000K con resa colore CRI>70, grado di protezione IP66, IK09, ottica CUT OFF, IPEA≥A1+, vita≥100.000hr L90B10, Tipo 130W 22000lm.

Impianto di terra

La rete di terra, in caso di alimentazione interrata, sarà costituita da un conduttore esterno ai cavi di alimentazione elettrica, alloggiato nella stessa canalizzazione che farà capo ai sostegni sull'apposito bullone e quindi connesso a terra attraverso dispersori in profilato zincato a croce lungo ml. 1.50 ciascuno posto in idoneo pozzetto di ispezione.

Detti collegamenti saranno eseguiti con corda isolata in PVC tipo H07 V-K giallo-verde da 16mmq, che farà capo in testa al dispersore con apposito capocorda da fissare con bullone passante.

Dovrà essere eseguito anche il collegamento di terra con l'apparecchio illuminante, sempre con corda isolata in giallo-verde della sezione di 2.5mmq.

Il collegamento fra palo e rete dovrà avvenire invece con corda isolata in giallo-verde della sezione di 35mmq, così come fra rete e dispersore.

Dovrà parimenti essere collegato l'eventuale chiusino in ghisa così come tutte le masse metalliche facenti parte dell'impianto.

La giunzione fra il conduttore di rete ed i singoli collegamenti con il palo, il dispersore, il corpo

illuminante e le altre masse dovrà essere eseguita con apposito connettore in rame ben stretto.

I dispersori di norma saranno posti ogni 3 pali ed, in ogni caso, alle estremità delle linee.

Giunzioni

Per le linee interrato le giunzioni saranno unipolari eseguite con connettori tipo Burndye nastrate con nastro 3M 23 e 33 per ricostruire il rivestimento isolante e dare protezione meccanica ed ancora spruzzate con vernice isolante. In alternativa potranno essere usate resine colate negli appositi contenitori.

Nelle linee di alimentazione aerea i collegamenti avverranno mediante cassette di derivazione stagne da esterni in lega leggera provviste di morsettiera fino a 25mmq. ed attacco di messa a terra, poste su palo o parete.

Quadro di comando

Il complesso sarà costruito in modo da poter essere montato all'aperto sia entro nicchia a parete che su base lontano da strutture murarie.

Sarà costituito da 2 uguali armadi (uno per il contatore ENEL e l'altro per il Comune) tipo Conchiglia RP 1600 o modello superiore e da eventuale basamento, pure metallico, fissato a terra.

In caso di presenza di parete, i due armadi potranno essere posti frontalmente su apposito basamento in muratura contenente i tubi per il passaggio dei conduttori compreso quello dell'ENEL.

Tutto il complesso metallico dovrà essere collegato con la rete di terra.

Ogni armadio sarà dotato di almeno due bocchette di aerazione e gocciolatoio contro le infiltrazioni di acqua piovana.

All'interno dell'armadio le apparecchiature saranno protette da un pannello di plexiglass incorniciato da un telaio in ferro ruotante su cerniere; da questo pannello sporrà il comando di interblocco di sicurezza in modo che l'apertura avvenga solo quando sarà tolta l'energia elettrica al quadro.

I morsetti di arrivo dell'ENEL che restano sotto tensione dovranno essere resi inaccessibili mediante uno schermo asportabile di materiale trasparente.

Il quadro sarà dotato di controllore di potenza (CEP) e di gruppo integrato (GPI) che autonomamente provvederanno alle seguenti tre funzioni:

- riduzione della potenza e del flusso luminoso notturno in tutte le lampade dell'impianto secondo un ciclo definito dall'utente;
- accensione dell'impianto a tensione ridotta in modo da limitare sensibilmente le sollecitazioni alle lampade e la corrente di spunto;
- stabilizzazione (in aumento o in diminuzione) della tensione a valle nei vari regimi di funzionamento tarabili a cura dell'utente con tolleranza +/- 1V ed in presenza di tensioni a

monte nel range 210 + 245 V.

La stabilizzazione della tensione effettuata dall'apparecchiatura, consente di allungare notevolmente la vita delle lampade, portando il cambio lampade alle soglie delle 18.000/20.000 ore con una mortalità e caduta di flusso ai livelli riscontrabili normalmente sulle 8.000 ore di funzionamento di un impianto non stabilizzato.

Il principio di funzionamento su cui si basano queste apparecchiature è quello dell'induttanza variabile mediante controllo in contro fase del flusso magnetico posta in serie al circuito a monte dell'impianto. Il controllo del ciclo di lavoro è affidato ad un circuito elettronico che provvede alla generazione dei comandi di attuazione delle varie fasi di lavoro.

Tutti gli apparecchi dovranno essere costruiti secondo le normative CEI 17-13/1 in vigore e sottoposti singolarmente a collaudo funzionale con carico lampade misto onde garantire il livello qualitativo del prodotto.