

***Relazione illustrativa delle ragioni della soluzione proposta e
motivazione delle scelte trasportistiche, architettoniche, di mobilità
urbana e tecniche di progetto***

INDICE

PREMESSA	4
1 IL NUOVO SISTEMA TRANVIARIO DELLA CITTA' DI PALERMO: MOTIVAZIONI DELLA SOLUZIONE TECNOLOGICA PROPOSTA	4
1.1 Le tratte proposte	5
1.2 Le fermate ed i terminal proposti	8
1.3 I depositi proposti, ubicazione, dimensionamento, idoneità delle officine	8
1.4 I binari di servizio proposti	11
2 ANALISI TRASPORTISTICHE: ALCUNI RISULTATI NOTEVOLI	11
2.1 Analisi della domanda e Bacino di utenza delle fermate e dei terminal	11
2.2 Capacità del sistema tranviario al variare della frequenza	12
3 MOTIVAZIONI DELLE SCELTE DI MOBILITA' URBANA	12
3.1 Aree Significative, Manufatti Speciali, Nodi Viari, Aree a Verde	13
3.2 Le Aree Significative	14
4 MOTIVAZIONI DELLE SCELTE ARCHITETTONICHE	16
4.1 La città dei bambini	17
4.1.1 Fuori, insieme e l'importanza del verbo "lasciare"	17
4.1.2 Il tram dei bambini	17
4.2 Il sistema del verde urbano: analisi, criticità ed indirizzi progettuali	17
4.2.1 Il progetto delle aree a verde	18
4.2.2 Scelta delle specie arboree ed arbustive	18
4.3 I manufatti artistici	19
4.3.1 Le sculture contemporanee, scelta ed ubicazione	19
4.4 Lo stile delle fermate	20
4.5 Le livree, soluzioni per la città di Palermo	20
5 MOTIVAZIONI DELLE SCELTE AMBIENTALI	21
5.1 Scelte Ambientali per limitare Rumore e Vibrazioni	21
5.2 Scelte ambientali per limitare le emissioni di campi elettromagnetici	22
5.3 Sostenibilità ambientale del sistema di trazione	22
5.4 Scelte ambientali: tutela del SIC ITA020012 "Valle del Fiume Oreto"	23
5.5 Impatto delle sottostazioni elettriche sul contesto	24
5.6 Mobilità sostenibile e permeabilità trasversale	24
5.7 Le pavimentazioni permeabili	25
5.8 Impianti di illuminazione a basso consumo energetico ed alta efficienza	25
5.9 Confort acustico e ridotte vibrazioni di marcia	26
5.10 Minimizzazione degli scavi in fase di cantiere	26
6 MOTIVAZIONE DELLE SCELTE TECNICHE DI PROGETTO	26

6.1	Progettazione con modello BIM.....	26
6.2	materiale rotabile	27
6.3	sistema di alimentazione	28
6.4	Sistema di controllo e di sicurezza dell'esercizio e semaforico. implementazione e gestione intelligente	28
6.5	Il sistema di posa della sovrastruttura tranviaria	28
6.6	Manutenzione degli impianti di sistema e dei rotabili	29
7	MOTIVAZIONE DELLE SCELTE ECONOMICO FINANZIARIE	29
7.1	Stima dei costi di investimento	29
7.2	Flussi di cassa e Valore Attuale Netto Finanziario (VANF)	30
7.3	Performance economiche del progetto	30

PREMESSA

“L’umanità riconoscerà nello evolversi e nel perfezionarsi dei mezzi di comunicazione e di trasporto l’indice più immediato e più espressivo del civile progresso” (G. Colonnetti).

Questa frase sintetizza al meglio l’approccio metodologico ispiratore della “Progettazione del Sistema Tram di Palermo”, che è fondato, essenzialmente, sulle seguenti *keywords*: **trasporti, evoluzione, perfezionamento, progresso civile**. Ciò considerato, nella presente relazione si descrivono, in forma sintetica, le analisi tecniche eseguite, in fase di studio, e i risultati più significativi conseguiti con la Progettazione del Sistema Tram di Palermo, che è stata sviluppata in piena conformità con quanto espressamente richiesto dal Bando di concorso internazionale.

Per semplicità espositiva, nella relazione sono stati usati i seguenti acronimi:

- SdFBC: Studio di Fattibilità posto a Base Concorso (anche denominato “Progetto Base Gara”, abbr. PBG):
- PdFTE: Progetto di Fattibilità Tecnico ed Economica, sviluppato dallo scrivente Concorrente (talvolta anche denominato “Progetto di Offerta”, abbr. PDO).

E’ utile rilevare sin d’ora che l’individuazione di un sistema tranviario, a elevata capacità, efficienza, moderno e compatibile con il contesto urbano della città di Palermo, ed in particolare con il suo centro storico, è stata di indubbia complessità. Con un approccio di tipo multidisciplinare, e in accordo ai più moderni standard dell’ingegneria dei trasporti (in termini sia di modellazione del fenomeno della domanda e dell’offerta di trasporto, sia infrastrutturali, impiantistici), della pianificazione urbanistica e alle vigenti normative di settore, è stata ottenuta una **soluzione tecnologica che si ritiene - senza alcun dubbio - affidabile e ottimale**, anche in rapporto alla necessità di **limitare i costi di investimento iniziali** e quelli **operativi**.

1 IL NUOVO SISTEMA TRANVIARIO DELLA CITTA’ DI PALERMO: MOTIVAZIONI DELLA SOLUZIONE TECNOLOGICA PROPOSTA

La prima linea tranviaria elettrificata è stata costruita a Berlino e inaugurata il 16 maggio 1881 (Nicolardi, 1955). **Sebbene il principio cardine di questo sistema di trasporto sia rimasto pressoché immutato nel tempo, nel corso degli ultimi decenni sono state introdotte e brevettate numerose innovazioni che hanno di fatto diversificato il sistema di trasporto tranviario in funzione della tecnologia usata dai singoli produttori, con particolare riguardo ai sistemi privi di alimentazione elettrica aerea (sistemi “catenary free”)**. Come ben noto, negli impianti tradizionali la linea aerea di contatto è realizzata con un conduttore in rame ed è collegata al polo positivo del generatore in sottostazione. Tramite il contatto con lo strisciante installato sul pantografo dei tram, la linea aerea alimenta, in corrente continua, le unità di trazione elettrica. Le tecnologie “innovative” consentono di realizzare linee tranviarie che sono **prive di linea aerea di contatto e di pantografo e quindi si prestano a essere utilizzate in contesti urbani di particolare pregio (es. centri storici)**.

Queste tecnologie sono state dettagliatamente esaminate (in termini funzionali, impiantistici ed economico/finanziari) poiché parte dello sviluppo delle nuove tratte Tranviarie della città di Palermo dovranno essere di tipo **“catenary free”** (circa il 60% sul totale della rete – Cfr. TAVV. 105 - 106). Più in particolare, è stata effettuata un’analisi comparativa tra i seguenti sistemi tecnologici:

1. **Sistema APS (Alstom)**: i rotabili sono alimentati in continuo da una *“contact rail”* ubicata in corrispondenza dell’asse del binario (*“ground level system”*). La tecnologia APS è usata nelle tranvie delle città di Bordeaux, Angers, Reims, Orléans, Tours (Francia), Dubai (Stato degli Emirati Arabi Uniti), Rio de Janeiro (Brasile), Cuenca (Ecuador), Lusail (Qatar), Sydney (Australia);
2. **Sistema con rotabili alimentati da batterie e supercapacitori (Bombardier, Alstom, CAF e Siemens)**: si basa sulla capacità di accumulo del complesso batterie + supercapacitori installati a bordo del veicolo, permettendo di avere alcuni tratti di linea senza catenaria. L’autonomia dei veicoli a regime è dell’ordine dei 600 m e le fermate devono essere attrezzate per la ricarica con una catenaria aerea lunga circa 90 m (es. Tranvia di Nanjing, Cina);

3. **Sistema ad induzione (Bombardier):** si basa sul principio dell'induzione elettromagnetica fra spire metalliche inserite in pannelli prefabbricati posti fra le rotaie o sul fondo stradale ed un pattino metallico presente sul fondo del mezzo.

Quest'ultimo sistema, essendo ancora in stadio semi-sperimentale, non offre alcuna garanzia sulla sua affidabilità, vita utile e sui costi di costruzione gestione e manutenzione. Invece, **il sistema con rotabili alimentati da batterie/capacitori ha caratteristiche incompatibili con il centro storico della città di Palermo**, per le seguenti principali ragioni:

- a) i veicoli devono essere ricaricati alle fermate, attrezzate con linee aeree (almeno 90 m), ottenendo così solo brevi tratti senza catenaria intervallati da altri (alle fermate) con catenaria. Inoltre, in prossimità di ogni fermata deve essere necessariamente installata una sottostazione elettrica;
- b) i tempi di ricarica effettivi ad ogni fermata sono dell'ordine di 45 sec., quindi ampiamente superiori agli ordinari tempi di ingresso/egresso dai rotabili (es. sulle attuali linee TPL di Palermo questi tempi sono dell'ordine di 10 sec. e solo eccezionalmente arrivano a 30 sec.). **È stato stimato che il perditempo cumulato per le ricariche alle fermate nella sola "tratta A" arriverebbe a 20 min. circa, rendendo il sistema assai meno conveniente dell'odierno TPL; ne deriverebbe una conseguente marcata riduzione della domanda;**
- c) il costo di ogni Tram è molto elevato (€ 3.600.000 circa) e la vita utile teorica di un "pacchetto" batterie/supercapacitori (costo € 600.000/"pacchetto") è di 2.000.000 di cicli di carica/scarica (ogni 10 anni andrebbero sostituite le batterie di tutto il parco rotabili, con costi insostenibili);
- d) le prestazioni del Tram, segnatamente l'autonomia, l'accelerazione e la potenza disponibile, degradano significativamente con riscaldamento e climatizzazione attivi, rendendo per altro difficoltoso il superamento di livellette con pendenza maggiore del 4%.

Tanto considerato, per le tratte di tipo "catenary free" della città di Palermo, **la soluzione migliore che quindi si propone come scelta ottimale, anche sotto il profilo economico/finanziario, è quella con "terza rotaia" APS di Alstom e rotabili Citadis X05 modello 305.** Si tratta del sistema senza catenaria più diffuso: **circa il 97% dell'offerta di trasporto mondiale su linee "catenary free" è effettuato con infrastruttura APS e Tram Citadis di Alstom.** Il sistema è estremamente confortevole, efficiente, sicuro e affidabile (99% su base annuale) e certificato a livello internazionale da CERTIFER, STRMTG, Lloyd's, ecc. Sotto il profilo trasportistico, il sistema tranviario **APS di Alstom non determina alcun perditempo alle fermate (come invece avviene nei sistemi con rotabili muniti di batterie/supercapacitori) e quindi si contraddistingue da velocità commerciali del tutto identiche a quelle conseguibili con i sistemi tranviari tradizionali con catenaria.**

1.1 LE TRATTE PROPOSTE

L'intervento oggetto del presente Progetto di Fattibilità Tecnica Economica costituisce l'**ampliamento delle linee tram** già in esercizio nella città di Palermo. Sulla base delle indicazioni dello SdF dell'Amministrazione Comunale (AC) ed a seguito delle motivazioni ed indicazioni della Commissione fornite ai concorrenti, sono state progettate, definendo geometricamente i tracciati, le nuove sette tratte (A, B, C, D, E, F, G) tranviarie riportate nella planimetria posta a base concorso denominata: *"Rete Tramviaria Palermo, Tracciati condivisi dalla Commissione per il progetto di fattibilità tecnico economico"*.

Dal punto di vista generale il Concorrente **concorda** con la scelta fatta dall'**Amministrazione Comunale (AC)** riguardante l'individuazione delle **Tratte**, delle **Fermate**, delle **Stazioni** e del **Deposito** fatte nello SdFBC, che rispondono all'esigenza di sostituire, nelle aree centrali della città, le attuali linee Bus del TPL con il Tram, di coprire il gap degli attuali sistemi di trasporto su ferro (Passante ed Anello Ferroviario) ed al contempo di servire, con un moderno ed efficiente sistema di TPL, il maggior numero di abitanti e quindi di addetti della città. Le **principali caratteristiche** delle tratte tranviarie, interamente progettate e di cui è nota la geometria (cfr. TAVV. 17-33 – *Planimetrie* e TAVV. 51-59 – *Profili longitudinali*), possono sintetizzarsi nella seguente tabella che fornisce oltre agli sviluppi complessivi, il numero di fermate per singola tratta, la **tipologia di sede** (*binario singolo o binario doppio*), il **sistema di trazione** (*"con catenaria" o "senza catenaria"*):

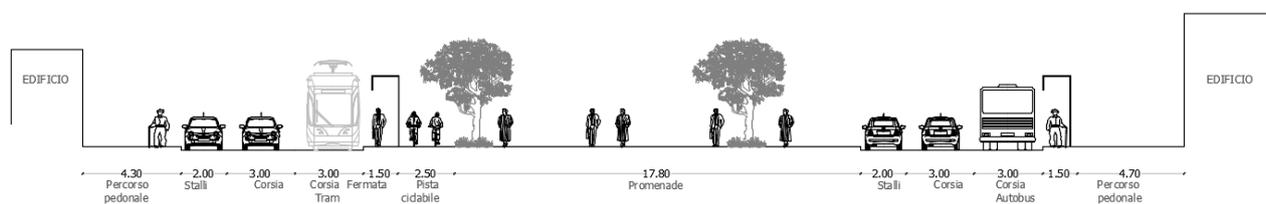
TRATTA	SVILUPPI, TIPOLOGIA DI SEDE e SISTEMA DI TRAZIONE					
	Lunghezza totale A/R	Fermate	Sede con Binario		Tecnologia di trazione	
Nome	[Km]	[Numero]	Singolo	Doppio	Catenary	Catenary Free
A	12,37	30	12,37	-	-	12,37
B	1,86	4	-	1,86	-	1,86
C	9,11	21	6,98	2,13	3,68	5,43
D	8,98	19	2,68	6,30	8,98	-
E	19,55	45	5,66	13,89	8,11	11,43
F	9,20	22	3,72	5,48	0,00	9,20
G	7,26	15	2,46	4,80	7,26	0,00
TOTALE	68,32	156	33,86	34,47	28,03	40,29

La scelta della **sezione trasversale tipo** (cfr. TAV. 60) di ogni tronco, ha tenuto conto di molteplici aspetti: n. di intersezioni / accessi laterali, presenza di marciapiedi laterali, presenza di corsia riservate esistente, larghezza della sede stradale ecc.. La piattaforma stradale è stata ottimizzata, evitando di introdurre sezioni con singola corsia e quindi privi di spazi per la sosta o lo scartamento di veicoli in caso di emergenza. Anche la ricollocazione delle fermate è stata ottenuta con un analogo processo di ottimizzazione degli spazi. La **sede tranviaria** è stata sempre inserita (ad eccezione di casi isolati) in corrispondenza delle attuali o future sedi proprie dei bus, in modo da ottenere **corsie dedicate al trasporto pubblico locale sulle quali far transitare i tram e, se richiesto, anche i bus**. In questo modo si **minimizza l'impatto sulla sede stradale esistente, sul traffico veicolare** e si garantiscono elevati standard prestazionali per il tram ma soprattutto per le linee Bus del TPL (si vedano ad esempio le tratte di Via Libertà, Via Roma, etc). I gestori di infrastrutture tranviarie ritengono questa soluzione la più funzionale e sicura. Di seguito si descrivono le caratteristiche salienti di ogni tratta.

Tratta A: St. Balsamo – St. A. De Gasperi Sv = 12,37 Km Terminal+ Fermate: 30

In questa tratta è stata introdotta una variazione del percorso tra la Stazione Balsamo e l'imbocco con Via Roma, che consiste nell'impegnare la sede di Piazza Giulio Cesare, anziché quella di Via A. Lincoln. La proposta consente di creare una Stazione Tranviaria con doppi binari di arrivo passanti, che permette di attraversare il terminal senza alcuna manovra, o cambio di guida, e di evitare qualsiasi tipo di interferenza tra l'esercizio della attuale Linea Roccella ed i rotabili della tratta A. La tratta tranviaria sulle Via Marchese di Villabianca e Libertà segue la soluzione condivisa dalla Commissione a seguito della Fase I. Va evidenziato che la soluzione adottata per **la sezione tipo su Via Libertà nel tratto da Piazza Mordini a Piazza Castelnuovo**, resta una soluzione singolare, dove al fine di favorire la mobilità pedonale, e più in generale degli utenti deboli anche nell'ottica della "città dei bambini", **è stata creata una configurazione della sede sul modello della "Rambla" di Barcellona**, inserendo la sede tranviaria e la corsia bus nelle strade laterali dove è presente anche una corsia per la sosta ed una corsia dedicata al traffico veicolare privato.

AS2_VIA LIBERTA'

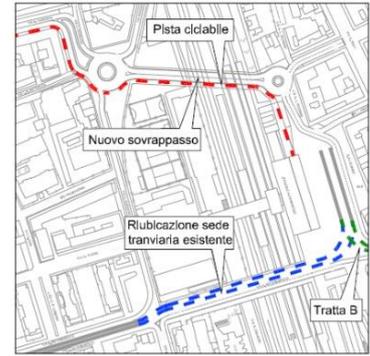


Il Terminal di Via Croce Rossa, è stato invece riposizionato in corrispondenza dell'attuale spartitraffico centrale, all'inizio di Via A. Gasperi, al fine di evitare, una volta realizzata anche la tratta E, di impegnare la rotonda di Piazza F. Paolo II anche dalle vetture che transiteranno su quest'ultima tratta. L'area che interessa la Stazione A. De Gasperi e i binari di arrivo a quest'ultima, rientrano nell'Area Significativa n.3 (AS3), nella quale si propone la realizzazione di un nuovo **deposito sotterraneo** e di un **parcheggio multipiano** (cfr. par. Deposito). E' stato introdotto un **binario di servizio** su Via Leoni / Via Croce Rossa da utilizzare in caso di **manifestazioni sportive** (es. partite di calcio).

Tratta B: St. Notarbartolo – Via M. di Villabianca Sv = 1,86 Km

Terminal + Fermate: 4

La tratta B nascendo come infrastruttura di collegamento tra l'esistente Terminal tranviario e la futura tratta A ed F, ha solo 4 fermate intermedie e sarà percorsa da rotabili di nuove linee oggetto di futura programmazione derivante da una rivisitazione dell'intero esercizio (TPL: Tram + Bus). La tratta B ricade all'interno di un'area critica con frequenti congestioni, che limitano la funzione di via di fuga dell'asse "Notarbartolo / L. Da Vinci". Per risolvere queste criticità, l'area è stata identificata come significativa (BS1) e costituisce una grande, forse la più importante, opportunità di rigenerazione urbana. La proposta prevede lo spostamento dell'attuale binario pari in modo da effettuare una traslazione "rigida" verso il margine Nord dell'attuale opera di scavalco, con evidenti benefici trasportistici ed ambientali.



L'introduzione del Nuovo sovrappasso stradale (come da previsione PRG) e la pedonalizzazione dell'area compresa tra la Stazione Ferroviaria e quella tranviaria consentiranno una complessiva rigenerazione di questo nodo critico.

Tratta C: Via Pollaci – Terminal St. Centrale Sv = 9,11 Km

Terminal + Fermate: 21

La tratta C rappresenta la prosecuzione della esistente Linea 3 che da Via Pollaci raggiunge, prima attraverso il Viale delle Regione Siciliana e poi tramite Via E. Basile, il nuovo Terminal Civico. Il tracciato proposto, in corrispondenza della rampa dello svincolo Brasa, ha una pendenza longitudinale del 3,79% in salita ed un raggio planimetrico di 65 metri (valori ampiamente compatibili con le prestazioni dei rotabili). Questa soluzione consente di ridurre l'estensione della tratta di circa 1 km con vantaggi ambientali, funzionali ed economici. Essendo la tratta C oggetto di prolungamento su Corso Tukory, come indicato dalla Commissione, è stato previsto per ragioni trasportistiche ed ambientali legate alle dimensioni della sezione stradale ed agli attuali volumi di traffico presenti, di realizzare la **sede tranviaria ad unico binario da Via E. Basile sino alla Via Balsamo**. È la scelta meno impattante dal punto di vista infrastrutturale e quella che consentirà di pianificare al meglio l'esercizio tranviario. Infatti, la presenza dell'unico binario su un tratto di circa 1 Km di lunghezza, con l'ausilio del terminal Civico e l'introduzione di un eventuale binario di scambio (cfr. TAV. 23) in corrispondenza di Piazza Sant'Agata consente, indubbiamente, di garantire elevati standard anche in caso di doppia circolazione su unico binario.

Tratta D: St. Osp. Civico – Stazione Antilope Sv = 8,98 Km Terminal + Fermate: 19

Il **terminal** della **tratta D**, come da proposta della fase I, è stato collocato nell'area adiacente all'attuale rotonda nei **pressi dell'ingresso dell'Ospedale Civico**. In questo modo, si evitano raggi di curvatura modesti, in corrispondenza di Via E. Basile, eliminando al contempo l'interferenza assai problematica con il nuovo asse stradale "Radiale di Palermo" in fase di progettazione, e consente un miglior deflusso veicolare nel tratto terminale di Via E. Basile, anche grazie alla soppressione dello spartitraffico e alla riorganizzazione della piattaforma stradale. La variante proposta consente di ricavare un'ampia zona da destinare al nuovo "Terminal Civico" che necessita solo dell'esproprio di una piccola porzione di area ospedaliera, adiacente all'elisuperficie, oggi poco utilizzata come parcheggio dagli addetti dell'ospedale Civico. Per il resto è stato recepito il tracciato proposto dall'Amministrazione Comunale. In conclusione, in questa tratta si ha una riduzione (soppressione tratto a "U") ed una rimodulazione (riposizionamento di fronte ingressi Unipa) delle fermate (cfr. TAVV. 17-33) oltre al Terminal.

Tratta E: St. De Gasperi – Mondello Sv = 19,55 Km

Terminal + Fermate: 45

È previsto lo spostamento del Terminal da Via Croce Rossa a Via A. De Gasperi; questa miglioria deriva dall'ottimizzazione del tracciato della Tratta A. Il Terminal su Via A. De Gasperi evita la "doppia" interferenza delle linee con la rotonda di Piazza F. Paolo II oggetto di intera rigenerazione urbana per via della presenza della attuale rotonda di grande diametro che, per altro, non è conforme alle vigenti norme tecniche Stradali. In quest'area che rappresenta sia un nodo critico, sia un'Area Significativa (AS3), si prevede un **"Nuovo Deposito Stadio"** sotterraneo con annesso parcheggio multipiano. Si tratta di un

Deposito per **n. 11 rotabili**, un **parcheggio multipiano** (cfr. Manufatti Speciali in relazione R2) con un totale di circa 600 posti auto, di cui **n. 426 a rotazione** con una **tariffa oraria di 1,50 €** e **n. 174 box chiusi** da vendere o affittare (cfr. TAV. 62-63). Il deposito è posto in un'area, oggi di proprietà del Comune di Palermo (**nessun costo aggiuntivo di esproprio**). In corrispondenza della fermata di interscambio **Francia** è stata recepita la **soluzione di RFI** che ha richiesto un opportuno **adeguamento** della posizione della **fermata** (cfr. TAV. 26 – Nodo Viario EV2). Nel tratto tra Viale Lanza di Scala e la Via Sandro Pertini, date le limitate dimensioni della sede stradale di Via Senocrate di Agrigento (circa 6 metri), si è ritenuto opportuno adottare una soluzione in cui i due **binari (pari e dispari)** sono stati **posizionati** su due differenti strade: **Via Senocrate di Agrigento** e **Via Fausto Coppi**. Questa scelta ha indirizzato verso la definizione dell'Area Significativa (cfr. ES2 ; TAV. 101). Sulla rimanente parte di tracciato è stata recepita la soluzione della Commissione.

Tratta F: St. Balsamo – Via M. di Villabianca Sv = 9,20 Km Terminal + Fermate: 22

Il tracciato di questa tratta recepisce le soluzioni adottate nello SdFBC del Comune di Palermo. Con lo studio di dettaglio riguardante il Terminal Stazione centrale è stata studiata la migliore soluzione per l'ubicazione della sede tranviaria sul Corso dei Mille. Particolare attenzione è stata posta nel progetto della sezione tipo stradale (cfr. TAV. 60), lasciando inalterata la soluzione funzionale (deflusso veicolare su entrambe le carreggiate di monte e di valle). Si evidenzia che il **PRG dell'Autorità Portuale di Palermo**, sulla Via Francesco Crispi, prevede una sequenza di **n. 3 rotatorie** (1. *Piazza Capitaneria di Porto alla Cala*; 2. *Via F. Crispi / Via E. Amari*; 3. *Via F. Crispi / Via D. Scinà*) che risultano del tutto **inadeguate** in relazione ai **flussi veicolari** esistenti e previsti su questo asse. Pertanto, sono state progettate intersezioni semaforizzate con segnalamento e priorità al tram. Il tracciato consente di minimizzare gli impatti sui flussi esistenti, e previsti, anche in considerazione del fatto che la Via F. Crispi rappresenta il limite dalla ZTL.

Tratta G: St. Palazzotto – Nodo Interscambio Sv = 7,26 Km Terminal + Fermate: 15

Questa tratta ha inizio in corrispondenza della rotatoria tra la Via Enaudi e la Via L. di Scalea, si sviluppa su Via R. Nicoletti con sede a doppio binario e successivamente procede, oltre la Via Sferracavallo, sulla Via del Cedro / Via E. Palazzotto a singolo binario. Nel progetto è stato inserito **un terminal** in prossimità del **Viale Leone** che consente di **ottimizzare l'esercizio tranviario**. In uno dei due binari del terminal è consentita l'**attesa** di un eventuale rotabile proveniente da Via Palazzotto. Questo terminal richiede l'**esproprio** di una piccola area, la cui sistemazione prevede la **connessione** con l'esistente **Via Tibullo** che consentirà ai pedoni di raggiungere facilmente il lungomare di Sferracavallo. Il terminal consente la fermata di tutti i rotabili **migliorando sensibilmente l'esercizio** nel tronco ad **unico binario**.

1.2 LE FERMATE ED I TERMINAL PROPOSTI

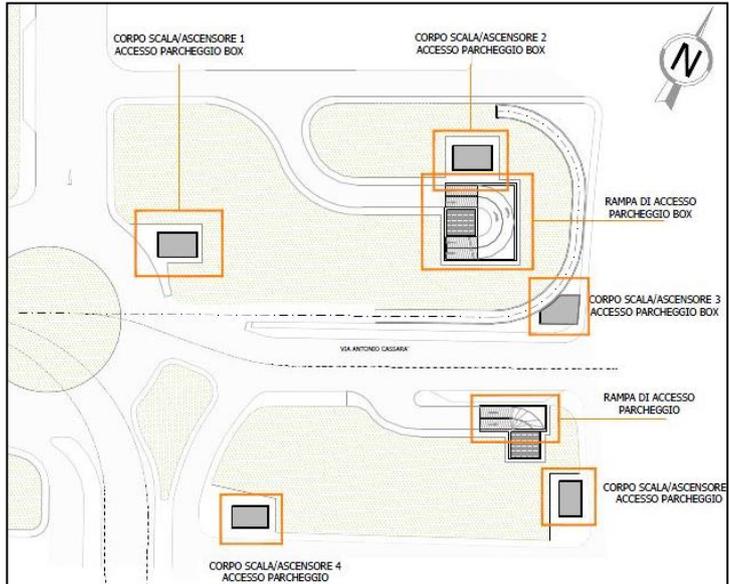
Fermate: Le fermate del Tram, individuate nello SdFBC il più delle volte sono state posizionate in corrispondenza delle attuali fermate Amat, senza però tener conto delle maggiori dimensioni dei rotabili (≈32 m) rispetto a quelle dei Bus. Lo studio di ottimizzazione della ubicazione delle fermate è stato effettuato tenendo conto di diversi criteri generali, tra i quali si annoverano: l'ingombro dei rotabili, la distanza massima tra le fermate, il coordinamento con le intersezioni esistenti. Ogni fermata è stata posizionata in modo che l'ingombro del rotabile non interferisca con le aree di incrocio (o altre parti "sensibili"). Soprattutto nelle aree centrali, l'interdistanza tra le fermate non supera i 400 metri (così come nello SdFBC). Inoltre sono state posizionate quante più fermate possibili immediatamente prima e dopo le intersezioni, al fine di poter al meglio coordinare fermate e ripartenze (degli altri veicoli) con i cicli semaforici. Il PdFTE prevede l'asservimento semaforico agli incroci, con via libera per il tram. Gli elaborati TAVV. 76-89 (*Piante prospetti e sezioni per la definizione delle opere correnti e minori ...*) riportano in pianta, sezione e prospetto le fermate di tutte le tratte, con dettagli sulla loro organizzazione funzionale.

1.3 I DEPOSITI PROPOSTI, UBICAZIONE, DIMENSIONAMENTO, IDONEITÀ DELLE OFFICINE

Dal calcolo di massima riportato a pag. 78 dello Studio di Fattibilità Base Concorso (SdFBC), emerge che la consistenza del **parco aggiuntivo** è di circa **50 rotabili per le nuove tratte (A,B,C,D,E,F,G)**. Dato che l'attuale parco rotabile (linee 1,2,3,4) è di 17 convogli e che si prevede l'acquisto di almeno altri 11 convogli a servizio delle attuali linee, si ha un parco rotabile complessivo di circa 28 convogli. Quindi, gli attuali

depositi (Roccella e L. Da Vinci), aventi capienza complessiva di 40 convogli, avrebbero una capacità residua di 12 convogli (40 – 28 = 12 convogli), dotazione questa insufficiente per accogliere l'intero parco aggiuntivo (circa 50 rotabili) per le nuove tratte tranviarie. Pertanto nello SdFBC è stato previsto un nuovo deposito per 40 Tram nell'area di pertinenza della tratta "E", ubicato in Viale dell'Olimpo, angolo Viale Sandro Pertini, contesto di significativo interesse paesaggistico, per quanto in più parti compromesso.

Va inoltre evidenziato che **seguendo la priorità di intervento** dello SdFBC, con il primo stralcio si dovrebbero acquistare, rispettivamente **per le tratte A, B e C**, almeno **ulteriori 11+4+8=23 rotabili** (cfr. SdFBC pag. 76-77) che **non troverebbero collocazione** nei rimanenti due depositi esistenti (Roccella e L. Da Vinci). Infatti la differenza tra il numero dei rotabili delle tratte A, B e C (n. 23 rotabili) e quello della disponibilità residua (n. 12 posti) fornisce il valore di 11, rispetto al quale vanno incrementati gli spazi necessari per consentire il ricovero di tutti i rotabili che transiteranno nelle linee 1, 2, 3 e 4 e nelle tratte A, B, C. Ne deriva la **necessità** di realizzare un **ulteriore deposito** con almeno **11 posti** per il **ricovero dei rotabili** da acquistare nel primo Stralcio (Tratte A, B e C), e quindi necessario per garantire la sostenibilità dell'esercizio programmato.



Pertanto, nel il presente PdFTE è stato progettato un **nuovo deposito sotterraneo** in corrispondenza delle attuali aree adiacenti alla rotatoria di Piazza F. Paolo II, cioè nell'Area Significativa AS3 oggetto di "rigenerazione urbana". Tramite la realizzazione di un **binario di "accesso / uscita deposito"** da realizzarsi in prosecuzione della proposta Stazione A. De Gasperi, sarà consentito l'accesso al nuovo deposito sotterraneo a quota - 8 m dal piano viario, dapprima attraversando a raso l'isola centrale della nuova rotatoria proposta (cfr. *area di rigenerazione urbana in AS3*) e successivamente mediante una rampa con pendenza del 4,5% circa. Dall'analisi del numero di rotabili aggiuntivi (cfr. pag. 99 dello SdFBC) deriva che - per ricoprire i fabbisogni dell'intero parco (esistente, espansione, Tratte A-G) - è indispensabile realizzare **n. 2 depositi aggiuntivi** di cui uno ubicato presso lo **Stadio** con capienza 13 rotabili, ed un altro ubicato presso lo ZEN (Via Sandro Pertini).

TRATTA	DEPOSITI SCENARIO TRATTE A, B, C, D, E, F, G			
	Roccella (Esistente)	L. Da Vinci (Esistente)	Stadio	Zen
Nome	[Numero]	[Numero]	[Numero]	[Numero]
CAPIENZA ATTUALE	24	16	-	-
Linee 1, 2, 3, 4 (attuali)	8	9		
Linee 1, 2, 3, 4 (espansione)	6	5		
A	-	-	6	4
B	-	-	3	-
C	3	2	1	-
D	7	-	-	-
E	-	-	-	10
F	-	-	1	5
G	-	-	-	4
TOTALE	24	16	11	24
TOTALE ROTABILE RETE	75			

Note: per il calcolo dei rotabili della tratta A è stata adottata una frequenza di 6' necessaria per rispondere all' attuale

Il deposito, ubicato nell'area dello ZEN, con accesso dalla Via Sandro Pertini, è tecnicamente identico a quello di Roccella (capienza 24 rotabili), e permette il ricovero di 24 rotabili delle tratte A, B, C, D, E, F, G e **ulteriori posti** per un possibile potenziamento futuro dell'esercizio.

Analizzando adesso il caso del 1° **Stralcio Funzionale** (sole Tratte A+B+C) si evince come risulta imprescindibile la realizzazione di un ulteriore deposito da realizzare preferibilmente in prossimità delle nuove Tratte A+B+C al fine di non richiedere lunghi e costosi spostamenti per condurre i veicoli a deposito.

TRATTA	DEPOSITI SCENARIO TRATTE A, B, C		
	Roccella [Numero]	L. Da Vinci [Numero]	Stadio (Esistente) [Numero]
CAPIENZA ATTUALE	24	16	-
Linee 1, 2, 3, 4 (attuali)	8	9	-
Linee 1, 2, 3, 4 (espansione)	6	5	-
A	6	-	5
B	-	-	3
C	4	2	1
TOTALE	24	16	9
TOTALE ROTABILE RETE	49		

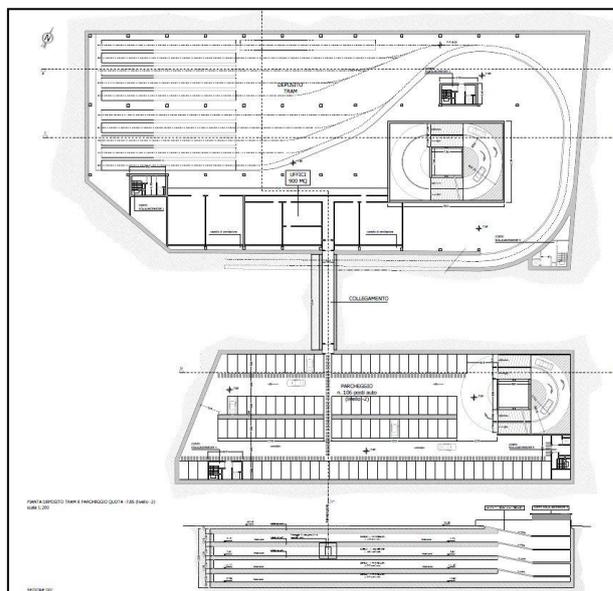
Nota: per il calcolo dei rotabili della tratta A è stata adottata una frequenza di 6' che richiedono ulteriori n. 2 rotabili

Considerando pertanto gli attuali (17) e futuri (11) rotabili (oggetto di espansione) ed introducendo quelli necessari per garantire l'esercizio sulle tratte A, B, C, compreso il potenziamento per garantire la frequenza di 6', si ottiene la saturazione dei due depositi attuali e la necessità di trovare collocazione agli ulteriori 9 rotabili. Dall'analisi dei due scenari sopra esposti, si ritiene opportuno realizzare già per il 1° Stralcio (A, B, C) un deposito con capienza 11 rotabili in modo tale da poter collocare nello stesso i 9 nuovi e di ricoverare gli ulteriori 4 assegnati al deposito Stadio nello scenario completo (Tratte A,B,C,D,E,F,G). Quindi sono stati ideati e progettati i due depositi aggiuntivi a quelli attuali; **il deposito "Stadio"** da realizzare in fase di 1° Stralcio (Tratte A, B, C) e **il deposito "ZEN"** da realizzare a completamento della intera rete tranviaria, ossia quando saranno realizzate le ulteriori tratte D, E, F, G.

Lo SdFTE prevede per il **"deposito STADIO"**, prima descritto, una struttura in sotterraneo, a più livelli, da affidare - anche tramite Project Financing - ad un **unico soggetto privato**, eventualmente diverso da AMAT. Il deposito garantisce: a) importanti potenzialità finanziarie ed economiche derivanti dai proventi dovuti alle tariffe parcheggio - in un'area (Zona Stadio) dove la domanda di sosta è molto elevata; b) riduzione dei costi di trasporto per la minore percorrenza, da Terminal a Deposito, che com'è noto non gode di contributo economico regionale. La proposta è **contemplata** anche nelle **analisi finanziarie** riportate nella relazione **EE.3 – Piano economico e finanziario di massima**.

Il nuovo **"Deposito ZEN"** si compone di tre edifici destinati al **rimessaggio**, all'**officina**, e all'area di **lavaggio** (posta all'esterno). All'ingresso è presente un piccolo edificio dotato di **guardiania**, ufficio **movimento** e **sala controllo**; infine vi è un ulteriore fabbricato per accogliere la SSE del deposito stesso. Per garantire l'accesso è stato necessario introdurre sulla Tratta E un prolungamento dei due binari per facilitare le operazioni di ingresso e di uscita.

È stata anche valutata la possibilità di espandere i due depositi esistenti Roccella e L. Da Vinci o entrambi. In particolare in adiacenza al deposito Roccella sono presenti dei terreni di tipo D1 (Area industriale) che richiedono un costo complessivo di circa € 400.000 per un totale di 7.000 mq (n. 8 particelle) sui quali inserire l'edificio rimessaggio ed i binari all'aperto per accogliere i rotabili (totale 24). Per il deposito L. Da Vinci è presente un terreno, oltre la Via Sant'Isidoro, di tipo F14 Attrezzature Assistenziali) in cui è presente un Istituto di padri rogazionisti; questo terreno ha un costo pari a circa € 180.000 per un totale di circa 9.000 mq di esproprio e ricade in zona vincolata (PAI). L'ipotesi di realizzare questi depositi, quali espansione degli attuali, è stata scartata perché le dimensioni dell'intera rete ed il numero di rotabili



da impiegare richiedono almeno un altro deposito completo (come Roccella), da dedicare unicamente ai nuovi rotabili, ed anche al fine di individuare un'area per il nuovo deposito più "baricentrico" per le tratte Nord (E, G ed A). Nell'ipotesi di realizzare solo il primo Stralcio (Tratte A, B, C), al fine di ottimizzare i costi di costruzione (non ottenendo però i benefici finanziari dovuti alla realizzazione del predetto deposito/parcheggio sotterraneo) si potrà comunque valutare l'ampliamento di uno dei due depositi esistenti individuando un'area all'aperto o un ulteriore edificio rimessaggio per 9 veicoli. Per quanto riguarda la **dotazione** dei due **nuovi depositi** previsti si rimanda al paragrafo Manufatti Speciali della Relazione "R2 - Relazione tecnica con la descrizione generale della soluzione progettuale ...".

1.4 I BINARI DI SERVIZIO PROPOSTI

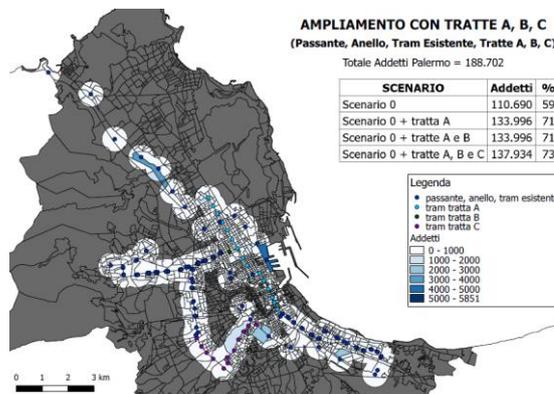
Binario di collegamento alla Stazione Centrale: Il PdFTE prevede un binario di servizio che collega l'area del terminal Balsamo con binari in disuso della Stazione Centrale. Con questo "binario tecnico" si ottiene la **connessione** della **rete tranviaria** con la **rete ferroviaria**. Questa "connessione" è realizzabile unicamente in quest'area, poiché la quota del ferro dei binari ferroviari e di quelli tranviari è uguale. Il collegamento può risultare utile (oltre che per eventuali futuri scenari trasportistici di integrazione tra i due sistemi "Tram-Treno") anche per agevolare il trasporto (e la fornitura) dei rotabili, gli interventi di manutenzione straordinaria dei mezzi, ecc.

Binario per Manifestazioni Sportive: Per la tratta A è previsto un "binario di servizio" che connette la tratta tranviaria da Piazza Leoni a Viale Croce Rossa, tramite la Via dei Leoni. Ciò consente il transito dei rotabili anche durante **manifestazioni sportive** durante le quali viene interdetto il transito ai mezzi (privati e del TPL) su Viale del Fante. Oggi, infatti, in occasione di queste manifestazioni, i bus che normalmente transitano su Viale del Fante vengono deviati su percorsi alternativi.

2 ANALISI TRASPORTISTICHE: ALCUNI RISULTATI NOTEVOLI

2.1 ANALISI DELLA DOMANDA E BACINO DI UTENZA DELLE FERMATE E DEI TERMINAL

Al fine di individuare il bacino di utenza del sistema di trasporto integrato, costituito dal passante, dall'anello ferroviario e dalle linee tram, sia attuali che future, per meglio evidenziare il ruolo attrattivo nei confronti della domanda delle linee tram proposte, **è stata considerata un'area di influenza di ogni fermata del tram e delle stazioni ferroviarie di raggio pari a 500 metri**. Si ritiene che tale distanza possa essere percorsa a piedi dagli utenti, sia in fase di accesso alla fermata/stazione che in fase di egresso dalla fermata/stazione, ottenendo pertanto una distanza massima percorribile a piedi di 1 km, in funzione della generale capacità attrattiva dei sistemi di TPL con sede propria che dovrebbero garantire delle velocità commerciali più elevate e dunque competitive con il mezzo privato. In particolare, **sono stati utilizzati i dati relativi all'ultimo Censimento del 2011 inerenti alla popolazione residente e agli addetti totali riferiti a ciascuna zona censuaria**. Tale database sintetizza in maniera efficace il peso di ciascuna zona nell'ambito della mobilità urbana, sia allo stato attuale che nello scenario di riferimento prefigurato dal PRG. Riportando tutti i dati raccolti in "ambiente GIS", è stato possibile stimare una copertura per il sistema integrato costituito dalle linee tram attuali e dal passante e anello ferroviario pari al 47% per la popolazione residente e al 59% per gli addetti totali. **Aggiungendo le linee A e B, la copertura arriva al 52% per la popolazione residente e al 71% per gli addetti totali. Aggiungendo la linea C, la copertura arriva al 56% per la popolazione residente e al 73% per gli addetti totali.** Aggiungendo la linea D, la copertura arriva al 60% per la popolazione residente e al 75% per gli addetti totali. Aggiungendo la linea E, la copertura arriva al 66% per la popolazione residente e al 78% per gli addetti totali. Con la linea F la copertura non cresce, mentre con la linea G proposta la copertura arriva al 68% per la popolazione residente e all'80% per gli addetti totali.



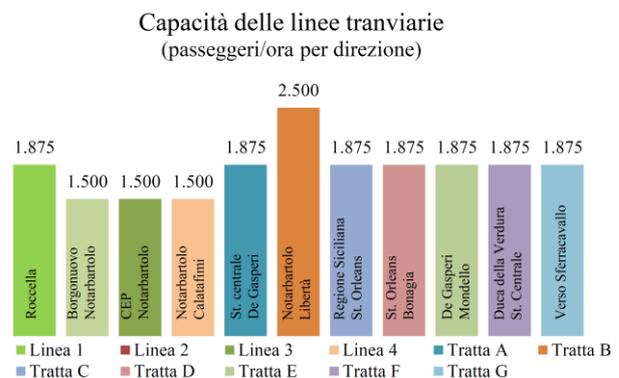
A partire dai bacini di utenza è stato possibile determinare la domanda potenziale tramite le percentuali suddette e considerando la popolazione residente come indicatore quantitativo capace di sintetizzare la forza generatrice di una zona e gli addetti come indicatore quantitativo capace di sintetizzare la forza attrattrice di una zona. Si è dunque adoperata una percentuale di trasferimento modale derivante da analisi modellistiche sulla domanda compiute dall'Università di Palermo e dalle analisi effettuate per la predisposizione del PGTU di Palermo, al fine di determinare la domanda di trasporto attratta dalle linee tram proposte rispetto al sistema integrato in corso di completamento (passante e anello ferroviario) e tenendo conto delle prestazioni attuali del trasporto pubblico su gomma lungo le direttrici portanti. A livello aggregato si può affermare che se il completamento del passante e dell'anello ferroviario innalzerà a regime la quota di domanda che si serve in ambito urbano del TPL (sia su gomma che su ferrovia) dal 14% attuale al 20% circa, **la realizzazione delle nuove tratte tranviarie potrà innalzare ulteriormente la quota di domanda servita dal TPL raggiungendo il 25% circa**. Questi livelli di domanda potranno essere raggiunti solo se saranno garantiti sulle nuove linee di tram tempi di percorrenza e di attesa sensibilmente inferiori rispetto alle attuali linee su gomma.

2.2 CAPACITÀ DEL SISTEMA TRANVIARIO AL VARIARE DELLA FREQUENZA

La **capacità teorica** di una tratta tranviaria, dipende in primo luogo dalla frequenza del servizio e dalla capacità di trasporto dei singoli convogli. In condizioni di flusso omotachico (uguale velocità dei rotabili) e stazionario (flusso invariante nel tempo), la capacità può essere calcolata con l'espressione:

$$C = 3600 \cdot P / \Delta T$$

essendo C la capacità della tratta tranviaria (espressa in passeggeri/ora per direzione), ΔT l'intervallo temporale medio tra il passaggio di un rotabile e il successivo (espresso in secondi) e P la capacità dei convogli (passeggeri/convoglio). Con la precedente espressione, utilizzando le frequenze previste dall'Amministrazione (cfr. pagg. 99 e 100 SdFBC) Comunale sulle varie tratte e la capienza di progetto del singolo rotabile (cautelativamente 250 passeggeri), si ottengono i valori di capacità oraria di ciascuna tratta riportati nell'**istogramma delle capacità**. Il sistema tranviario, ovviamente, deve offrire valori di capacità maggiori o uguali a quelli offerti dal sistema TPL attualmente in esercizio. Questa condizione è soddisfatta su tutte le tratte ad eccezione della Tratta A (*Stazione Centrale – via A. De Gasperi*) che insiste su strade oggi servite da diverse linee TPL che nel loro complesso danno luogo a una capacità maggiore di quella del sistema tranviario in progetto (C = 1.875 passeggeri/ora per direzione). In particolare, le linee bus che attraversano Via Libertà (es. 101, 102, ecc.) garantiscono, nel loro insieme, una frequenza di circa 1 bus ogni 3 minuti. Pertanto, considerando una capienza media (tra veicoli snodati e ordinari) di 120 passeggeri/bus, si ottiene una capacità attuale del sistema TPL, CTPL = 2.400 passeggeri/ora per direzione. Affinché sulla tratta tranviaria A possa essere garantita un'offerta di trasporto almeno pari a quella dell'attuale TPL è possibile agire con due diverse strategie: a) modificare la frequenza dagli 8', previsti dall'Amministrazione, a 6'; b) mantenere la frequenza prevista (8') e colmare la minore capacità con l'integrazione di linee bus. Tra le due soluzioni è senz'altro preferibile la prima, anche se comporta un aggravio nei costi di investimento iniziali per l'acquisto di ulteriori n. 2 rotabili, unicamente dedicati alla Tratta A.



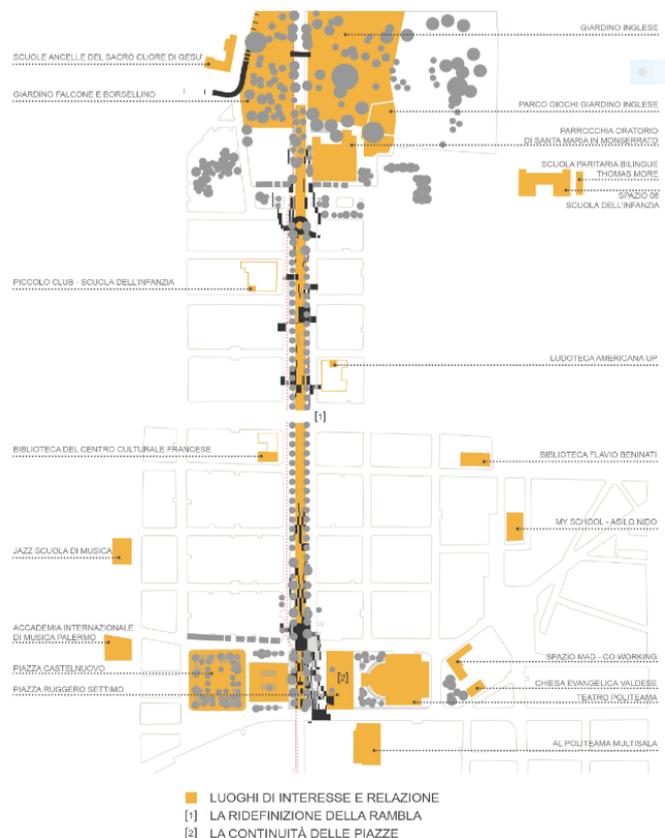
3 MOTIVAZIONI DELLE SCELTE DI MOBILITÀ URBANA

Il PdFTE dell'infrastruttura tranviaria di Palermo è stato elaborato ispirandosi ai principi della "mobilità sostenibile" ed è stato finalizzato alla riduzione degli impatti negativi connessi all'uso del mezzo privato (inquinamento acustico atmosferico, congestione della rete, incidentalità, ecc.). In quest'ottica il Concorrente, ha provveduto a individuare soluzioni mirate a ridurre la presenza degli autoveicoli privati negli spazi urbani della città a favore di una "mobilità dolce" privilegiando, quindi, i cosiddetti "utenti deboli" della strada (pedoni e ciclisti).

Inoltre, è stata **ottimizzata l'integrazione** del sistema tranviario con gli altri sistemi di trasporto pubblico locale (bus, passante, anello), prevedendo **soluzioni di interconnessione** tra gli stessi sistemi, al fine di **favorirne** l'uso e accrescerne i benefici per gli utenti.

La politica di **sostenibilità** adottata nell'elaborazione del presente progetto è stata quella dell'**integrazione di interventi efficaci** che, combinati tra loro nel tempo, comporteranno una notevole riduzione dei flussi di traffico veicolare privato; tra questi si annoverano:

- lo **sviluppo della mobilità pedonale**: attraverso la pedonalizzazione (Via Libertà) e la soppressione della sosta che favoriscono l'accessibilità e la "fruizione universale" degli spazi pubblici ("**CITTÀ DEI BAMBINI**"), da parte dei cittadini che prediligeranno ampie e sicuri spazi pedonali;
- lo **sviluppo della mobilità ciclabile**: attraverso il recepimento delle prescrizioni ed indicazione delle soluzioni di previsione e progettuali della FIAB, consistenti nell'introduzione di nuove ed efficienti piste ciclabili e la creazione di nuove aree di rigenerazione urbana dove favorire l'implementazione di parcheggi ed aree di interscambi tram / bici / piedi;
- la **creazione di parcheggi di interscambio** multipiano (Deposito / Parcheggio Stadio) in grado di potenziare l'utilizzo del nuovo sistema tranviario di Palermo;
- l'**introduzione di dispositivi di "traffic calming"**, per la moderazione del traffico, (es. pavimentazioni di diversa tipologia e dispositivi per favorire le connessioni tra le diverse aree della città favorendo altresì la riconoscibilità dei luoghi e la permeabilità trasversale delle strade per i pedoni).



LA CITTA' DEI BAMBINI

Alla base di queste misure ci sono tre principi di riferimento: 1) migliorare i "servizi di prossimità" in modo tale da ridurre gli spostamenti automobilistici sia in termini numerici che di distanze; 2) destinare una parte della sede stradale ai pedoni e ciclisti; 3) realizzare una rete intermodale di trasporto che consenta spostamenti più veloci di quelli realizzati dagli autoveicoli privati.

3.1 AREE SIGNIFICATIVE, MANUFATTI SPECIALI, NODI VIARI, AREE A VERDE

Unitamente all'introduzione delle nuove tratte tranviarie, sono stati individuati **quattro macro gruppi di interventi**, codificati nelle seguenti **entità di progetto**:

Aree Significative (ASi, BSi, CSi, ...): interventi di valorizzazione del conteso esistente; consistono in vere e proprie operazioni di rigenerazione urbana che coinvolgono, ad ampio spettro, i temi della mobilità urbana, dell'architettura, del paesaggio e del verde con azioni mirate alla riorganizzazione del traffico veicolare, alla rivisitazione della sede stradale, alla progettazione dei percorsi pedonali, all'introduzione di piste ciclabili e di dispositivi di "traffic calming", al progetto del verde, senza trascurare aspetti legati alla scelta dei materiali (tutti elementi utili a migliorare gli spazi urbani).

Manufatti Speciali (Ami, Bmi, Cmi, ...): si tratta sostanzialmente delle opere d'arte maggiori, ovvero di ponti, viadotti, sovrappassi pedonali, depositi tram, cunicoli sottoservizi, cabine di trasformazione, manufatti artistici, etc. che è stato necessario prevedere nel progetto delle tratte tranviarie.

Nodi Viari (AVi, BVi, CVi, ...): si tratta dei nodi viari di maggiore rilievo, interessati dall'introduzione della nuova sede tranviaria e che hanno richiesto la ricalificazione geometrica o più in generale la riprogettazione o l'introduzione di nuove soluzioni (rotatorie, traffic calming etc.) ivi compresa l'introduzione del sistema di segnalamento e della nuova regolazione semaforica con priorità ai tram.

Aree a Verde (AVRi, BVRi, CVRi, ...): sono tutte quelle aree, interessate dal percorso delle tratte tranviarie, nelle quali sono stati introdotti interventi di rinaturalizzazione, l'introduzione e/o integrazione di aree a verde. Gli interventi, progettati con riferimento alle indicazioni del PRG, sono finalizzati al miglioramento ed alla creazione di corridoi ecologici del sistema del verde finalizzato all'aumento del grado di biodiversità (*incremento dei rifugi per la fauna, diversità biologica*).

La tabella seguente riporta il numero **entità di progetto** previste per singola tratta.

TRATTA	Entità di Progetto			
	Aree Significative (ASi, BSi, CSi, ...)	Aree a Verde (AVRi, BVRi, CVRi)	Manufatti Speciali (AMi, Bmi, Cmi, ...)	Nodi Viari (AVi, BVi, CVi, ...)
Nome	[Numero]	[Numero]	[Numero]	[Numero]
A	4	6	1	6
B	1	1	1	2
C	2	2	3	2
D	2	2	1	5
E	4	7	2	11
F	2	1	0	3
G	3	3	1	3
TOTALE	18	22	9	32

3.2 LE AREE SIGNIFICATIVE

Lungo il tracciato delle nuove tratte ci sono episodi urbani e architettonici di rilievo, alcuni definiti e compiuti, altri invece non definiti del tutto, o appena accennati. Il ruolo di questi luoghi, nei confronti del sistema trasportistico, è sicuramente centrale, sia per l'importanza delle aree attraversate, sia per le connessioni strategiche di queste con il sistema del tram e più in generale per le connessioni tra tracciati diversi e città consolidata. Le scelte delle aree, che qui sono adottate, hanno come obiettivo il **miglioramento** e la **riconfigurazione** di **nodi** e **zone strategiche** per la città nella sua interazione con l'infrastruttura tranviaria al fine di garantire l'inserimento dell'infrastruttura garantendone al contempo la **resilienza** e la **sostenibilità**.

TRATTA A - AS1: Si tratta dell'area antistante la **Stazione Centrale**, interessata in atto da lavori di miglioramento del marciapiede frontale a cura di RFI. L'area è stata scelta in quanto coincidente con una importante componente di **trasporto intermodale** (*treno, tram, autobus urbano e suburbano*). Si attestano qui tre tratte di progetto (A, C, F) e si raccordano con la linea tranviaria esistente in esercizio verso Brancaccio sul terminal di Via Balsamo. La piazza Giulio Cesare viene rimodellata per un prevalente uso pedonale.

TRATTA A - AS2: L'area coincide con il tratto di **Via Libertà** che va da Piazza Mordini a Piazza Castelnuovo. La richiesta a base gara prevede un solo binario in direzione Nord/Sud. La soluzione adottata si integra con la scelta di pedonalizzare la carreggiata centrale di Via Libertà. Il traffico di transito è dirottato sulle attuali complanari, il binario sarà appoggiato al ciglio Ovest del marciapiede interno, trasformato in grande **palcoscenico urbano**, pedonale.

TRATTA A - AS3: L'area è di grande importanza per la mobilità urbana, in quanto recapito del traffico sull'asse e direttrice Nord-Sud (Croce Rossa, Libertà, Ruggero Settimo), nonché per la prossimità con il sistema degli Ospedali (Villa Sofia / C.T.O.) e per la immediata vicinanza dello **Stadio Barbera**, dove si svolgono eventi sportivi grandemente partecipati durante tutto l'anno. E' stata progettata una **nuova rotatoria** con l'obiettivo di mettere in **equilibrio** il transito **pedonale**, il traffico **veicolare** e il binario del **tram**, superando il modello della grande infrastruttura di caratura prevalentemente veicolare anche in

considerazione della presenza di numerose scuole e attrezzature pubbliche che oggi non sono facilmente raggiungibili a piedi.

TRATTA B - BS1: il Terminal della **Stazione Notarbartolo** deve svolgere un ruolo diverso rispetto a quanto accade oggi. L'area, storicamente **congestionata** per la sua collocazione e il ruolo di connessione tra centro e circonvallazione, richiede un approfondimento mirato e diretto a diminuire il livello di congestione esistente. Per conseguire l'obiettivo, si intende aumentare la **sede pedonale** frontistante il terminal ferroviario, intervenendo sul traffico veicolare differenziando i sensi di marcia, grazie alla costruzione di un **nuovo ponte carrabile e pedonale** a Nord del fabbricato viaggiatori, mettendo in comunicazione Piazza Boiardo e Via Umberto Giordano. Questa soluzione consente di avere i flussi verso la Circonvallazione (verso Ovest) attestati in prossimità di Via Zandonai, strada di grande sezione e capace di smaltire importanti flussi di traffico verso Viale Regione Siciliana. Il traffico in entrata verso il centro troverà soluzione nella trasformazione a senso unico di Via Notarbartolo nel tratto Piazza Ziino – Piazza Boiardo, grazie anche allo spostamento verso Nord di uno dei binari esistenti della tranviaria.

TRATTA C - CS1: Si tratta di un'altra area strategica, oggi sottoutilizzata, conosciuta come **Parcheggio "Basile"**. Il parcheggio dovrebbe oggi garantire l'**interscambio** tra veicoli privati e autobus urbani e suburbani, ma la dotazione di parcheggi è decisamente sovradimensionata, e neanche la prossimità con la cittadella universitaria garantisce il riempimento degli stalli. La soluzione proposta prevede di trasformare parte degli stalli in fermata/capolinea per i bus urbani, altra parte in stalli per autobus suburbani/interurbani e Gran Turismo, con la realizzazione di un edificio di servizio per le funzioni del trasporto. La presenza della tranvia costituisce una occasione di trasporto intermodale tra mezzo pubblico e privato, consentendo di entrare in centro, anche nelle zone di maggiore pregio (percorso UNESCO), facendo a meno della vettura privata ed evitando affollamento di mezzi pesanti. La soluzione affronta anche il tema dello scavalco di Via Basile, connettendo con una **passerella** le due cigli stradali e favorendo la connessione anche con le aree più interne del quartiere di fronte, lungo la Via Raiti.

TRATTA C - CS2: La soluzione proposta affronta l'integrazione di alcune intersezioni del tratto terminale di **Via Basile**, con la rimodulazione di **zone di sosta** e la collocazione di una rotatoria in un punto particolarmente complesso, dove si intersecano i flussi veicolari di superficie. Il nodo distribuisce i transiti in ingresso e uscita, e su di esso si attestano l'asse di **Via Lodato** (viabilità tra Ospedale Civico e Policlinico) e il ramo di Corso Re Ruggero che dovrebbe diventare il futuro "Radiale di Palermo" per un collegamento viario veloce di superficie tra Notarbartolo e Orleans. È stata posta attenzione alla **sagomatura dei marciapiedi** per favorire una più **chiara distribuzione dei flussi locali** e per tutelare l'utenza debole.

TRATTA D - DS1: Si tratta della collocazione di una fermata che funge al tempo stesso da **Terminal** della **tratta D** e da fermata potenziale della tratta C. La fermata serve il sistema ospedaliero, e la sistemazione viaria progettata consente il miglioramento dell'accesso alla Scuola Pubblica frontistante l'elisuperficie.

TRATTA D - DS2: In questa collocazione si affronta lo studio di un **tratto viario** di nuova costruzione (previsto in PRG), che viene dimensionato per ospitare il doppio binario previsto per la tratta D. La sistemazione proposta risolve la **viabilità di Via Li Bassi** (che ad oggi termina a fondo cieco) e degli accessi alla viabilità storica e minore che si spinge dentro la riva del Fiume Oreto. Sull'area è stata realizzata una **rotatoria** che accoglie i diversi rami di viabilità esistente e di progetto, e che collega la viabilità con il nuovo ponte sul fiume Oreto. L'**utenza debole** (pedoni, biciclette) è opportunamente tutelata e sono previsti **parcheggi** a raso con alberature e pergole.

TRATTA E - ES1: L'area significativa è quella frontistante il **Velodromo** Paolo Borsellino. La soluzione prevede l'integrazione del tram con la viabilità esistente e la totale rivisitazione del nodo viario. Viene realizzata una **passerella pedonale** (per l'attraversamento di Via Lanza di Scalea) con immissione al centro della nuova area verde, a servizio dell'impianto sportivo che accoglie la fermata del tram lungo la tratta E. Due rotatorie esistenti svincolano il traffico e garantiscono l'inversione di marcia.

TRATTA E - ES2: La tratta E attraversa i quartieri dello **ZEN** (fase 1 e fase 2). Il tracciato circonda la **spina di attrezzature e aree verdi**, che connettono i due quartieri di iniziativa popolare, e **sottolinea gli spazi pubblici** interni che vengono ricavati allo scopo. Il tracciato, una volta attraversata la "spina

pubblica" si reimmette sulla grande viabilità che circonda lo ZEN. Si prevede di riorganizzare i sensi di marcia all'interno del quartiere.

TRATTA F - FS1: Piazza della Pace è il punto di contatto di diversi sistemi urbani: il confine dei suoli dell'Autorità Portuale, il tessuto storico cinquecentesco del Borgo di S. Lucia, il **margin**e della **città ottocentesca** e del primo novecento (palazzata di Via Crispi) con il torreggiante massiccio del carcere dell'**Ucciardone**. Questa area costituisce una ulteriore occasione di **razionalizzazione** della **mobilità urbana**, in cui il **tram** svolge un ruolo di **confine** e di **attrattore** al tempo stesso.

TRATTA F - FS2: I recenti scavi archeologici del **Castello a Mare** hanno valorizzato un'area degradata e relitta. Il sottopasso di Piazza XIII vittime (costruito negli anni '80) contribuisce a negare il ruolo urbano di questa zona, che contiene in sé delle condizioni di **assoluto pregio**. Si prevede l'introduzione di passerelle pedonali in affiancamento agli impalcati esistenti per facilitare lo scavalco della trincea, migliorando sensibilmente la pedonalizzazione e contribuendo puntualmente a risaldare la città (storica e più recente) alla linea della costa, approfittando dei percorsi pedonali esistenti lungo il bordo del porto turistico della Cala. L'intervento punta a coinvolgere in maniera ancora più forte il **sistema** del Castello tra **città** e **mare**.

TRATTA G - GS1: La tratta G si snoda da Via Lanza di Scalea, attraversa piazza Simon Bolivar e scorre lungo la **Via Rosario Nicoletti**, dove si attestano le bretelle di accesso all'autostrada A29 (svincolo PA-TP). Gli interventi progettati favoriscono il recupero del **terrain vague** che giace abbandonato sotto il predetto svincolo (con incremento della dotazione di aree pubbliche di qualità "parco"); inoltre si può facilmente **collegare** il nuovo progetto con la linea del Passante, mediante un attraversamento che arriva sino alla Fermata Tommaso Natale della linea ferroviaria ("Passante" direttrice PA-TP), nei pressi della quale esistono dei parcheggi in ultimazione e altri progettati con questa offerta. E' stata risolta anche la tratta in prossimità del Nodo GV3 ove il PRG prevede la demolizione di un immobile per razionalizzare la viabilità e accogliere il tram.

TRATTA G - GS2: Nei pressi della terminazione della tratta G si prevede una **integrazione intermodale** con la **Fermata Sferracavallo** della linea ferroviaria del "**Passante**", direttrice PA-TP, nei pressi della quale sono stati progettati **parcheggi** nuovi a pergola ed è stata resa pubblica la parte finale di Via Tibullo, **per favorire**, dal terminal tranviario, **l'accesso sul lungomare della borgata** (dist. 150 m).

4 MOTIVAZIONI DELLE SCELTE ARCHITETTONICHE

I tracciati della rete tranviaria che l'Amministrazione ha individuato a valle della prima fase di concorso, hanno condotto il Concorrente a predisporre **soluzioni architettoniche** ed ingegneristiche che siano allo stesso tempo **efficaci** sul piano compositivo, altresì **performanti** in termini tecnologici, **integrando** queste due caratteristiche sulle **diverse scale dell'intervento**.

La città storicamente presenta alcune **situazioni conflittuali** dovute alla **scarsa integrazione** tra **tessuti urbani** costruiti in epoche distanti temporalmente, ed altre **situazioni "non definite"** per mancanza delle necessarie infrastrutture viarie. La nuova rete tranviaria rappresenta una occasione di **rigenerazione urbana**, attraverso l'uso di materiali, cromatismi e soluzioni paesaggistiche volte a migliorare la qualità dei luoghi attraversati. I **percorsi individuati**, le connessioni tra parti in atto sfilacciate, l'**uso alternato** di **superfici dure e impermeabili** e di **superfici morbide e permeabili**, sono il **focus** delle scelte progettuali (es. l'adozione proposta di **parcheggi alberati e/o pergolati**). È stato studiato il rapporto con i **sistemi di verde** presenti in area urbana di cui è stato verificato l'inserimento, la **connessione** di questi con il **sistema dei tracciati tranviari**, l'implementazione del verde nelle **aree significative** che sono state oggetto di progettazione, con obiettivo la **rigenerazione urbana**. Nelle aree urbane di pregio si è cercato di minimizzare al massimo le opere relative alle trasformazioni degli ambiti, nel rispetto della storicità dei contesti e della delicatezza degli scenari urbani. Il progetto architettonico dell'infrastruttura si sostanzia anche grazie alle **aree significative**, ai **manufatti speciali** e ai **manufatti artistici** che fanno parte del progetto. Il progetto dell'infrastruttura beneficia dei predetti elementi peculiari e pone particolare attenzione verso i bambini, l'arte e il verde; citando Dante Alighieri: "**Tre cose ci sono rimaste del Paradiso: le stelle, i fiori e i bambini**".

4.1 LA CITTÀ DEI BAMBINI

4.1.1 Fuori, insieme e l'importanza del verbo "lasciare"

Le esperienze più importanti dello sviluppo infantile e dell'apprendimento sono quelle che avvengono "fuori" e "insieme". Fuori di casa, fuori di scuola e fuori dal controllo diretto degli adulti. Fuori e solo fuori si possono vivere le **esperienze** dell'avventura, della esplorazione, della scoperta. Solo fuori si può vivere la vera esperienza del gioco. E insieme agli altri, alle amiche e agli amici è possibile conoscersi, confrontarsi, stabilire relazioni, regole, aprire e risolvere conflitti. Una **buona** città è quella che prima ancora di preoccuparsi di creare un efficiente sistema di trasporto pubblico e di rendere facile quello privato, si preoccupi di creare le **condizioni migliori** perché ogni cittadino possa muoversi facilmente e piacevolmente con i propri mezzi, a piedi o in bicicletta. Che prima ancora di creare **servizi pubblici per anziani e bambini** si preoccupi di offrire loro **abbondanti spazi pubblici** dove possano vivere il loro tempo dedicandosi alle loro attività preferite. Che prima ancora di (o invece di) realizzare ludoteche e giardinetti recintati, pianeggianti e dotati di giochi sempre uguali, si preoccupi di **offrire ai bambini gli spazi pubblici** della città per i loro giochi: i marciapiedi, le strade, le piazze e i giardini. E i giardini saranno con diversi livelli, con alberi e cespugli in modo che ci si possa **nascondere**, si possa immaginare un **mondo fantastico**, ci si possa divertire. In questo modo le bambine e i bambini potranno scegliere dove e come giocare. **Questa città costerà meno e sarà più sana, più bella, più piacevole e divertente.** I bambini che potranno rioccupare i marciapiedi e le strade compenseranno ampiamente la città rendendola più sicura perché la loro presenza obbligherà gli adulti del vicinato a farsene carico, ad assumerne la responsabilità; e questo produrrà una **generale condizione di sicurezza** garantita non più dalla delega alla polizia o alle videocamere, ma dalla **partecipazione e preoccupazione delle persone.**



4.1.2 Il tram dei bambini

In questa logica il **tram**, con opportune accortezze può diventare un **mezzo adeguato** per ampliare le autonomie di movimento delle bambine e dei bambini. Mentre rimane prioritaria la possibilità di andare a scuola o a giocare con gli amici a piedi o in bicicletta potranno coprire distanze maggiori, per esempio se frequentano una scuola più lontana, utilizzando il tram. **Favorire l'uso del tram** anche da parte di bambine e di bambini della scuola primaria può ridurre sensibilmente l'uso del mezzo privato per gli accompagnamenti da parte dei genitori e quindi giustifica alcuni interventi che possano facilitarlo. Si possono per esempio prevedere **posti riservati per bambini nella parte anteriore del mezzo** dove possono essere facilmente controllati dal macchinista o provvedere la presenza di un adulto incaricato della sorveglianza per il breve periodo della entrata e della uscita dalle scuole. Si è, poi, colta l'occasione per l'inserimento di tutti quegli interventi sopra richiamati riguardanti la mobilità autonoma, sia pedonale che ciclabile a partire dai bambini (la "**città dei bambini**"). Per la mobilità pedonale, l'introduzione di mirati dispositivi di traffic calming, potrebbero riuscire a capovolgere il tradizionale rapporto automobile-pedone, privilegiando quest'ultimo anche in termini di sicurezza. Per la mobilità ciclabile lungo il percorso tranviario sono state previste diverse piste in accordo alla pianificazione FIAB. In tal modo, il tram (con rotabili muniti di rastrelliere per le bici) non solo offrirà il tradizionale servizio di trasporto per cui nasce ma diverrà elemento di potenziamento di altre forme di mobilità autonome, per tutti i cittadini a partire dai più piccoli.

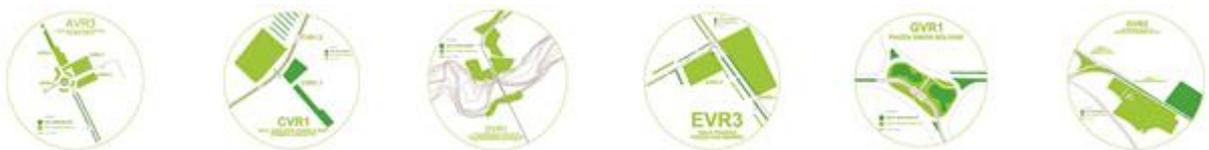
4.2 IL SISTEMA DEL VERDE URBANO: ANALISI, CRITICITÀ ED INDIRIZZI PROGETTUALI

L'**analisi** del sistema del verde urbano "rintracciato" dall'infrastruttura individua le **criticità** insite nei siti esaminati per una progettazione non pregiudizievole rispetto all'ambiente e al paesaggio. Per le **aree a verde** codificate (**VR**) (cfr. Allegato Tab_Abaco in R2) sono state individuate le tipologie d'intervento, anche

in riferimento al PRG, e le specie vegetali esistenti. **Le criticità** riguardano alcune alberature stradali costituite da specie inadatte per habitus e/o sviluppo radicale e gli aspetti legati alla manutenzione, gestione e sicurezza della vegetazione (caso dei ficus e dei pini). **L'infrastruttura tranviaria** con la sua linearità, intercetta e congiunge, come il filo di una trama, il tessuto verde della città. Le proposte, tradotte in "linee guida per la progettazione" e seguite da uno studio delle specie da inserire, hanno tenuto conto: i) della funzione di "corridoi ecologici" del sistema del verde finalizzato all'aumento del grado di biodiversità (incremento dei rifugi per la fauna, diversità biologica); ii) dell'adattabilità delle specie alle condizioni pedoclimatiche e iii) della ridotta disponibilità delle risorse idriche e degli spazi. L'incremento delle superfici permeabili migliora le "performance ambientali" (qualità dell'aria, riduzione inquinanti, inquinamento acustico, regimazione delle acque, "isola di calore", ecc.), la qualità estetica della città ed apporta benefici socio-psicologici alla collettività.

4.2.1 Il progetto delle aree a verde

Le diverse tipologie di interventi sono: **(TIPO 1) mantenimento, recupero e/o potenziamento del "verde esistente"** laddove le specie vegetali presenti dimostrano di essersi adattate alle "condizioni della città" (ss. alberature in via Libertà AVR2, corso Tukory CVR2 e viale Strasburgo EVR3.1); **(TIPO 2) sostituzione degli impianti arborei esistenti** per risolvere le interferenze già presenti e non compromettere nel tempo la funzionalità dell'opera (ss. alberature via E. Basile CVR1.2, via A. De Gasperi EVR1); **(TIPO 3) annessione al sistema del verde urbano di nuovi spazi ed attribuzione di nuovi usi** ad aree degradate, residuali o previste a "verde pubblico" nel P.R.G. (es. piazza De Gasperi AVR3, piazza V. Veneto AVR6, stazione Notarbartolo BVR1, viale Francia/piazza S. Marino EVR3.2, via Galatea EVR7); **(TIPO 4) rinaturazione di aree degradate** e ricadenti all'interno del SIC ITA020012 (viadotto sull'Oreto DVR1); **(TIPO 5) recupero ambientale** di aree residuali e abbandonate (svincolo Tommaso Natale DVR2.2). Un'operazione di "restoration ecology" in cui la città riduce gli ostacoli all'evoluzione naturale degli ecosistemi e si integra nel territorio mettendo "il verde a sistema" per un paesaggio "naturale" e culturale.



4.2.2 Scelta delle specie arboree ed arbustive

Le specie vegetali prescelte: tengono conto delle condizioni limitanti cui si devono adattare e delle possibili interferenze con la rete infrastrutturale e i servizi; arricchiscono l'ecosistema urbano attraverso l'introduzione e/o l'incremento di essenze principalmente autoctone; prevedono l'associazione di arboree ed arbustive diverse nei volumi e nelle forme e a basse esigenze idriche e manutentive; talvolta ripropongono il paesaggio dei "giardini" della Conca d'Oro (**GVR2.1**) ancora rintracciabile nel tessuto urbano. **Esempi di interventi:** **TIPO 1** in via Libertà-Rambla (**AVR2.2**) l'alberatura di *Platanus x hybrida* viene mantenuta e arricchita da "cuscinetti" vegetali di arbustive e tappezzanti che valorizzano la pavimentazione con volumetrie dalle forme arrotondate (es. *Myrtus spp.*, *Camelia spp.*, *Lavandula spp.*, *Teucrium spp.*, *Rosmarinus spp.*, *Vinca spp.*); **TIPO 2** in via Basile (**CVR1.2**) *Cupressus spp.* associato ad arbustive della macchia mediterranea (*Arbutus unedo*, *Punica granatum*, *Tamarix spp.*) e graminacee perenni (*Tanacetum spp.*, *Carex spp.*)



sostituisce *Ficus microcarpa*; **TIPO 3** nel nuovo giardino di piazza De Gasperi (**AVR3.1 e AVR3.2**) arbustive ad effetto barriera ed ombreggianti (es. *Ligustrum spp.*), associate a rampicanti (*Bougainvillea spp.*) e ricadenti da impiantare in corrispondenza del solaio del deposito tram; **TIPO 4** lungo le fasce spondali del fiume Oreto (**DVR1**) essenze arbustive del genere *Salix* e *Tamarix* e nuovi orti in compensazione alla riduzione degli agrumeti; **TIPO 5** sotto lo svincolo di Tommaso Natale (**GVR2.2**) graminacee perenni (*Vetiveria zizanioides*) e arbustive colonizzatrici (*Artemisia spp.*) adatte a substrati poveri. Vedi tavole di progetto.

4.3 I MANUFATTI ARTISTICI

Nelle **aree significative** e nei **luoghi di particolare interesse**, si prevede l'installazione di **vere e proprie opere d'arte** create giocando con la **trasparenza** di una **rete metallica** e con l'impiego di **materiali industriali** per trascendere la dimensione spazio-temporale, riuscendo a creare un dialogo tra arte e mondo, una sintesi visiva che si rivela magnifica nella dissolvenza dei limiti fisici. Sono previste lungo le tratte, diverse **opere d'arte** che faranno da arredo, creando una vera e propria **mostra permanente** nello spazio pubblico in cui saranno immerse. La ricerca delle forme di queste opere d'arte si è basata sull'approccio "**genius loci**" e sullo studio degli **elementi del paesaggio**. Le **opere** sono state progettate per essere inserite in **spazi pubblici**, in contesti archeologici, etc. In particolare sono stati previsti quattro differenti manufatti artistici. Il costo di ciascuna opera è di circa € 200.000. L'approccio adottato per la realizzazione delle opere all'interno della città di Palermo, sarà quello dell'**eco-distretto tranviario**, che immagina il coinvolgimento della popolazione: un approccio sostenibile che prevede la possibilità di realizzare interventi di vario genere *coinvolgendo artisti, realizzando laboratori partecipativi o altro*.

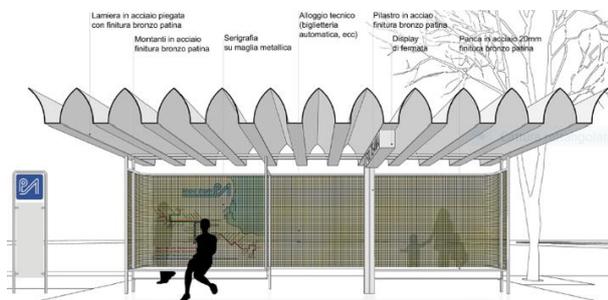


4.3.1 Le sculture contemporanee, scelta ed ubicazione

La filosofia dell'idea guarda alla trasparenza come la capacità di tessere nello spazio qualcosa che non c'è. Rivela la negazione della materia, il risultato di una mancanza, quindi l'astrazione della realtà e la sua identità visiva senza tempo. A differenza dell'architettura convenzionale, che racchiude lo spazio restituendo un paesaggio modificato dall'uomo, **questa struttura essenziale abbraccia il contesto e accoglie la presenza umana, dando vita ad un'inedita realtà esperienziale**. Una dimensione eterea in costante dialogo con il paesaggio, inteso come contaminazione di linguaggi culturali, sociali e identitari, le cui dinamiche diventano parti costituenti dell'opera. **Giocate con la trasparenza della rete metallica e dei materiali industriali, queste opere mirano a trascendere la dimensione spazio-temporale e narrare un dialogo tra Arte e Mondo**, una sintesi visiva che si rivela nella dissolvenza dei limiti fisici. Questa è la nota "metodologica" per affrontare temi e siti anche diversi tra loro (aree archeologiche, quartiere borghese, quartiere periferico, etc) iscrivendoli in un unico racconto contemporaneo senza tempo e trasversale sulla città di Palermo. Le opere che si immagina di potere realizzare sono alternativamente figure antropomorfe o zoomorfe, scenari architettonici astratti, o ricostruzioni di parti perdute della città. Le quattro sculture sono state collocate sulla "rambla" di Via Libertà' (AS2), sulla passeggiata nuova dello ZEN 2 (ES2), sull'area archeologica del Castello a Mare (FS2) per dare forza e spessore alla sagoma dei resti antichi della fortezza, nell'area destinata a giardino lungo la Via Nicoletti (GS1).

4.4 LO STILE DELLE FERMATE

Sono state individuate più tipologie di fermate: la prima, che si ispira all'**itinerario arabo-normanno**, richiama nella geometria della pensilina gli elementi architettonici e volumetrici caratterizzanti l'**architettura di quel tempo** utilizzando tecnologie e materiali per **raccontare la storia passata, il presente ed il futuro** della città. Il design delle componenti della linea è frutto di una **ricerca progettuale** che integra innovazione tecnologica ed ecosostenibilità, con materiali tradizionali e sperimentali insieme. Uso di pietra, elementi in acciaio, finiture in bronzo patina, e prodotti di sintesi (quali il corian) sono scelte condotte dal Concorrente per progettare le fermate e gli elementi di arredo quali il **cestino porta rifiuti, la fontanella** e le **panchine** di arredo i cui piedi richiamano anche la geometria delle volte normanne. Questa soluzione è stata adottata a partire dall'analisi del contesto e delle differenti **unità di paesaggio** (U.d.P) tipiche del centro storico ed in particolare: per la **Tratta A**, in Via Roma, Via Cavour, Piazza Politeama, Via Libertà (fino a Via Notarbartolo), Via P. Calvi fino all'incrocio con Via Duca della Verdura; per la **Tratta C** da Via E. Basile (fermata Basile – Re Ruggero), in Corso Tukory fino alla Stazione Centrale; per la **Tratta F**, lungo l'intera tratta dalla St. Centrale, lungo Foro Umberto I fino a Via Duca della Verdura.



Per **tutte le altre tratte** (B, D, E fino all'innesto in Via L. di Scalea, G) ed i rimanenti tronchi delle tratte A, C (ricadenti nelle aree sub-centrali o periferiche), eccetto per la tratta C lungo Viale Regione Siciliana (dove verrà adottato il medesimo stile delle fermate esistenti), è stato adottato un **modello molto semplice** in termini di pensilina, di fusto centrale ed elementi di arredo, proponendo un **design formale con elementi orizzontali e verticali**, con scelta dei materiali che punta ad una colorazione armonizzante verso il territorio fortemente urbanizzato. Infine per la **Tratta E**, lungo Via Lanza di Scalea, dentro lo ZEN, lungo la Via P.V. 46, su Viale dell'Olimpo, Via Venere, etc, potrà essere usata la medesima geometria adottata per "tutte le altre tratte" ottimizzando la scelta dei **materiali**, che punta ad una **colorazione armonizzante verso il territorio**. Per tale ragione è stato scelto l'**acciaio corten** che grazie al suo colore brunito meglio si inserisce e si mimetizza con gli elementi del territorio e del paesaggio tipici delle aree a verde del **Parco della Favorita**.

4.5 LE LIVREE, SOLUZIONI PER LA CITTÀ DI PALERMO

Al fine di evitare soluzioni ovvie e banali con colori che potessero risultare invasivi e soprattutto di gradimento soggettivo, si è preferito adottare per il design delle livree dei rotabili il colore bianco di sfondo (come nei tram già usati a Palermo), e riportare sulle vetture delle **vignette** che richiamano uno dei temi principali a cui ci si è ispirati per la progettazione della rete tranviaria di Palermo: la "**città dei bambini**": Guardare il mondo con gli occhi del bambino è una scelta sicuramente espressiva e al contempo scientifica. Le vignette richiamano anche i principali elementi legati al contesto attraversato quello delle aree centrali, ovvero dell'**itinerario arabo-normanno**, quello del **mare di Mondello**, quello **periferico**. Le vignette, in un'ottica di sviluppo e crescita della città, contribuiscono ad ampliare l'autonomia di movimento dei bambini e richiamano **semplici aforismi**, quali ad esempio: "**noi andiamo a scuola in tram**", oppure "**noi andiamo al mare in tram**". Sulle livree saranno riportate delle vere proprie "**Storyboard**" ovvero

sequenze di vignette disegnate in ordine cronologico che riportano la storia di **bambini entusiasti dal nuovo ed innovativo mezzo di trasporto "senza fili"**.



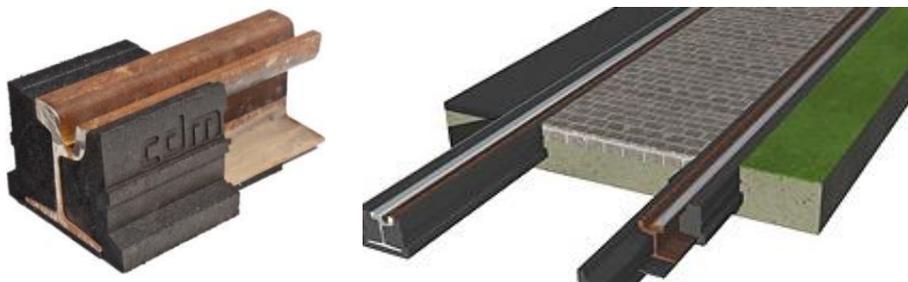
5 MOTIVAZIONI DELLE SCELTE AMBIENTALI

Le scelte operate in seno al progetto, oltre che localizzative, sono state anche di natura tipologica (cfr. elab.R.4 par. 3.1.1 e 3.1.2) e con riferimento prioritario alla tutela **della Salute Pubblica** dei cittadini e alla **salvaguardia** di tutte le altre **componenti ambientali** che costituiscono il territorio ove insiste l'opera, incluso il SIC ITA020012 "Valle Del Fiume Oreto" sottoposto a tutela da Direttiva comunitaria 21 maggio 1992, n. 92/43/CEE. In merito alla Salute Pubblica, le **scelte ambientali** sono volte alla **sicurezza territoriale** e all'abbattimento delle **emissioni di inquinanti** (rumore, vibrazioni, emissioni in aria/atmosfera anche in fase di cantiere, campi elettromagnetici, ecc.).

5.1 SCELTE AMBIENTALI PER LIMITARE RUMORE E VIBRAZIONI

In merito al **contenimento** delle emissioni da **rumore** e **vibrazioni**, fermo restando lo studio della Fase I (che definisce dove ubicare queste misure di mitigazione), si prevede la possibilità di utilizzare il profilo antivibrazioni sul binario, adottando il criterio metodologico di minor disturbo nell'attraversamento di ambiti prettamente residenziali. Tale profilo è applicato sul perimetro delle rotaie (suola ed anima) ed è realizzato in granuli di gomma SBR (*Stirere Butadine Rubber*) selezionati e pressati con collante poliuretano. Questa tecnica costruttiva sarà usata:

- per la Tratta "A": in Via Roma (da piazza Giulio Cesare a Via Cavour: 1350 m); in Via della Libertà (da piazza Crispi a Via Duca della Verdura: 425 m);
- per la tratta "C": in Via E. Basile (da Via Artale a Corso Re Ruggero: 1175 m).



In alternativa o ad integrazione del suddetto sistema, al di sotto della platea, nelle **tratte individuate**, potranno inserirsi dei **materassini elastomerici antivibranti**, composti da fibre e granuli di gomma pressati a caldo con collante poliuretano, di densità tra i 600 e i 700 kg/mc (cfr. TAV. 76-89 - *Piante prospetti e sezioni per la definizione delle opere correnti e minori*).

5.2 SCELTE AMBIENTALI PER LIMITARE LE EMISSIONI DI CAMPI ELETTROMAGNETICI

Le emissioni di campi elettromagnetici, definite radiazioni non ionizzanti, correlate all'opera sono da attribuire alla presenza di:

- *linee elettriche di alimentazione e sottostazioni elettriche con tensione d'esercizio 750 volt;*
- *trasmettitori radio per il telecontrollo delle linee (potenza limitata a pochi watt);*
- *apparati elettrici interni delle vetture.*

In merito agli effetti sulla Salute Pubblica correlati ai campi elettromagnetici, la Scienza si divide, e la presenza stessa di pareri contrastanti lascia intravedere due possibilità: quella di un rischio sanitario irrilevante o quella di effetti non semplici da riscontrare con i traguardi scientifici raggiunti all'oggi. Nelle tranvie, le emissioni non si limitano soltanto ai campi elettromagnetici generati dai cavi e dalle SSE ma anche alle corrosioni elettrolitiche da correnti vaganti. Entrambi sono connessi al sistema di alimentazione elettrica del tram. **La presenza di sottostazioni interrato NON implica un'esposizione a campi magnetici.** La corrente ad alta tensione (750V) viene trasformata sino al valore nominale di 3Kv, valore accettabilissimo ai sensi della normativa di settore vigente. Considerando comunque, la **presenza** in arrivo di corrente ad **alta tensione** che genera **correnti vaganti** e l'incertezza scientifica degli effetti correlati sulla salute pubblica, **si prevedono** ugualmente opportune **indagini** in fase **ante, durante e post-operam.**

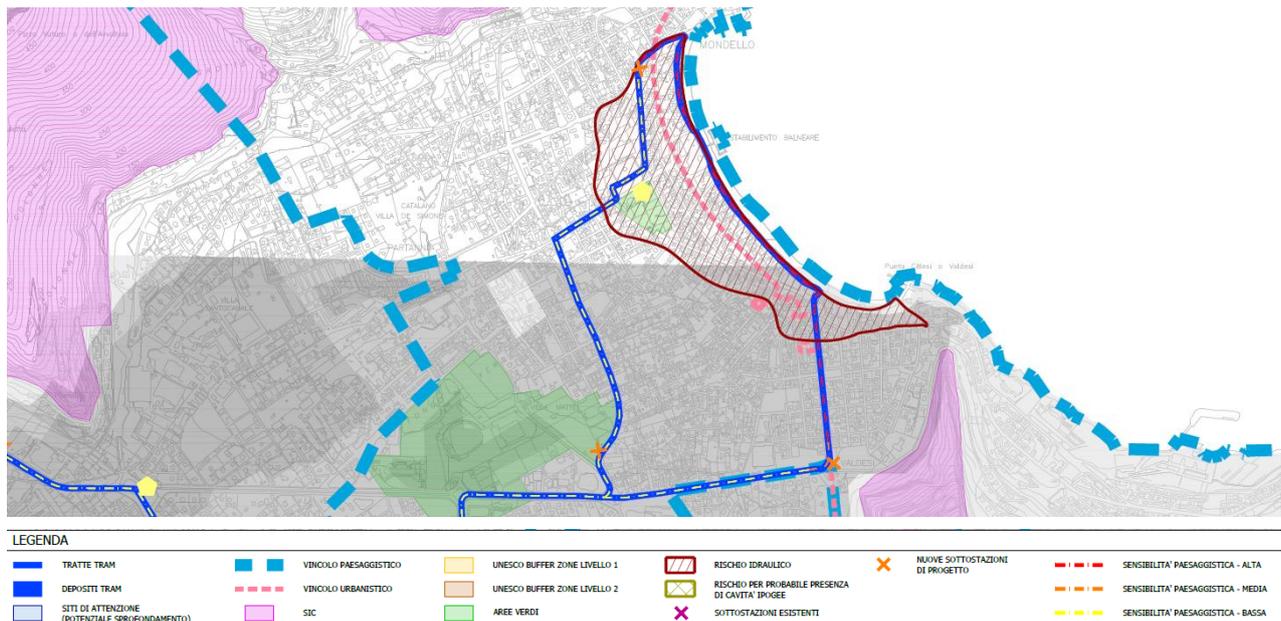
5.3 SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE DEL SISTEMA DI TRAZIONE

Lo SdFBC e il voto del **Consiglio Comunale** sullo schema di massima del **PRG** hanno chiarito che le **tratte A, B, E (fino all'innesto in Via Lanza di Scalea)** e **F** devono essere prive di catenaria. Il Concorrente già in accordo con quanto richiesto dalla Commissione in Fase I, ha ritenuto opportuno effettuare una attenta analisi ambientale, riportata negli elaborati TAVV. 10 e 11 "*Elaborati grafici di analisi del contesto e di inserimento nel territorio - Tracciati Nord e Sud*", finalizzata all'individuazione della **sensibilità ambientale e paesaggistica** da utilizzare come **strumento** di supporto per la **definizione** puntuale del **sistema di trazione** da adottare sulle singole tratte in **relazione** ai diversi **contesti urbani** e le Unità di Paesaggio (UdP) attraversate. Si propone, pertanto, di realizzare l'infrastruttura tranviaria di tipo "**catenary free**" nei tratti delle linee dove l'impatto di **tipo estetico, architettonico e urbanistico** della soluzione tradizionale con pantografo potrebbe essere rilevante e assolutamente incompatibile con l'ambito paesaggistico. **La soluzione adottata per il sistema "catenary free" è quella dell'infrastruttura con impianti posti al suolo, a livello del binario (APS di Alstom),** che interagiscono con i sistemi di captazione posti a bordo dei rotabili in circolazione e che danno la possibilità di recuperare energia dalla frenata dei veicoli per essere riutilizzata in rete o dai veicoli stessi. Rispetto alla soluzione indicata dalla Commissione sono state individuate **ulteriori tronchi delle tratte tranviarie C ed E** sui quali è stata adottata la soluzione "**catenary free**".

TRATTA C: partendo dall'analisi del contesto (TAVV. 10 e 11) si nota come dalla Stazione Centrale fino a Corso Re Ruggero il Corso Tukory risulta caratterizzato da una **sensibilità paesaggistica MEDIA ed ALTA.** Per tale tronco è stata adottata anche la soluzione "catenary free" ad unico binario. Proseguendo in direzione Ovest verso Via Ernesto Basile, seppur le risultanze mostrano una bassa sensibilità paesaggistica, si è preferito adottare, anche **nell'intero asse di Via E. Basile,** il sistema con "**terza rotaia**" (con captazione da terra) al fine di **evitare** da un lato l'**interferenza** con il **corridoio ecologico** costituito dai filari di ficus che, in ogni caso (*seppur adeguatamente distanziati secondo lo schema di sezione tipo adottata*) richiederanno frequenti interventi manutentivi per limitare le dimensioni delle chiome e le interferenze delle stesse con il passaggio dei rotabili (*situazione che si sarebbe notevolmente aggravata in caso di catenaria*). Un ulteriore elemento che ha rafforzato la scelta è correlato alla presenza del Parco Cassarà ed infine, ma non per ordine di importanza, la presenza di un elevato numero di addetti che quotidianamente frequenta l'asse di Via E. Basile caratterizzato da numerosi e frequenti attraversamenti della sede stradale.

TRATTA E: le strade del lungomare di Mondello e di Via Regina di Savoia ricadono all'interno di "aree ad **ALTA sensibilità paesaggistica**". Pertanto in queste strade si è adottata tecnologia "catenary free", così

come per i tronchi di prosecuzione fino alla rotatoria di Via dell'Olimpo con Via Castelforte e Via Venere dove la tratta raggiunge il Viale dell'Olimpo.



Per tutti i rimanenti tronchi delle altre tratte è stata adottata una soluzione con catenaria. Di fatto si è così realizzato un "sistema ibrido" con un conseguente rilevante vantaggio finanziario ed economico rispetto al sistema integralmente di tipo "Catenary free" (che non sarebbe stato in alcun modo sostenibile dati i rilevanti sviluppi della rete). Dalla tabella riepilogativa del par. 1.1 si evince che **il sistema adottato per la rete è prevalentemente senza catenaria (60% "catenary free", 40% con catenaria).**

5.4 SCELTE AMBIENTALI: TUTELA DEL SIC ITA020012 "VALLE DEL FIUME ORETO"

Le scelte ambientali operate in quest'ambito sono di natura tipologica, riguardo alla struttura del ponte, che attraverserà l'area SIC, ed agli interventi di verde illustrati precedentemente. Si tratta di interventi specifici volti a ricostituire, seppur in piccola parte, la fisionomia, la composizione floristica e vegetazionale degli habitat presenti in modo rappresentativo, come si evince dal censimento banca dati Natura 2000 per il SIC ITA020012. A differenza delle altre opere di rinverdimento, le specie vegetali previste per la Rinaturazione dell'area di attraversamento con Ponte (DM1) sono tipiche di questi habitat che si intendo ricostituire:

- cod. nat.3290 "Fiumi mediterranei a flusso permanente a Paspalo-Agrostidion" con una copertura del 40% del territorio del SIC presente con una buona rappresentatività;
- cod. nat.5330 e Arbusteti termo-mediterranei e pre-desertici con una copertura del 16% anche questa presente con una buona rappresentatività;
- cod. nat. 92A0 Foreste a galleria di Salix e di Populus alba con una copertura del 10% la cui rappresentatività risulta significativa.

Gli interventi previsti sono coerenti al progetto Parco dell'Oreto in acquisizione dell'Amministrazione comunale nel nuovo PRG in corso d'approvazione. In merito alla struttura del Ponte suddetto (DM1), lungo la tratta D è previsto l'attraversamento del fiume Oreto per realizzare il collegamento viario e tranviario con Via Villagrazia, la cui previsione risulta già inserita nel programma triennale delle OO.PP. dell'anno 2015/2017 (Delibera di C.C. n. 440 del 17.11.2015) con lo schema strutturale di "ponte strallato". Data la prescrizione dell'allargamento della sezione per ottenere 2 carreggiate a 2 corsie per autoveicoli, oltre allo spazio centrale per il tram, e garantire che il ponte possa costituire anche via di esodo in caso di calamità naturali, la soluzione adottata per fronteggiare i carichi di un impalcato siffatto di 39 metri e di una luce imponente di 190 metri circa è quella del **ponte strallato ad arco con sezione trasversale cava in acciaio**. Gli stralli sono in posizione centrale. All'interno dello spartitraffico vi sono dei camminamenti affiancati agli stralli per la manutenzione. L'impalcato poggia su due spalle con fondazioni su pali che

lasciano libera la vallata sottostante e ciò non costituisce un ulteriore degrado del SIC Oreto ITA020012, né naturalistico, né paesaggistico.

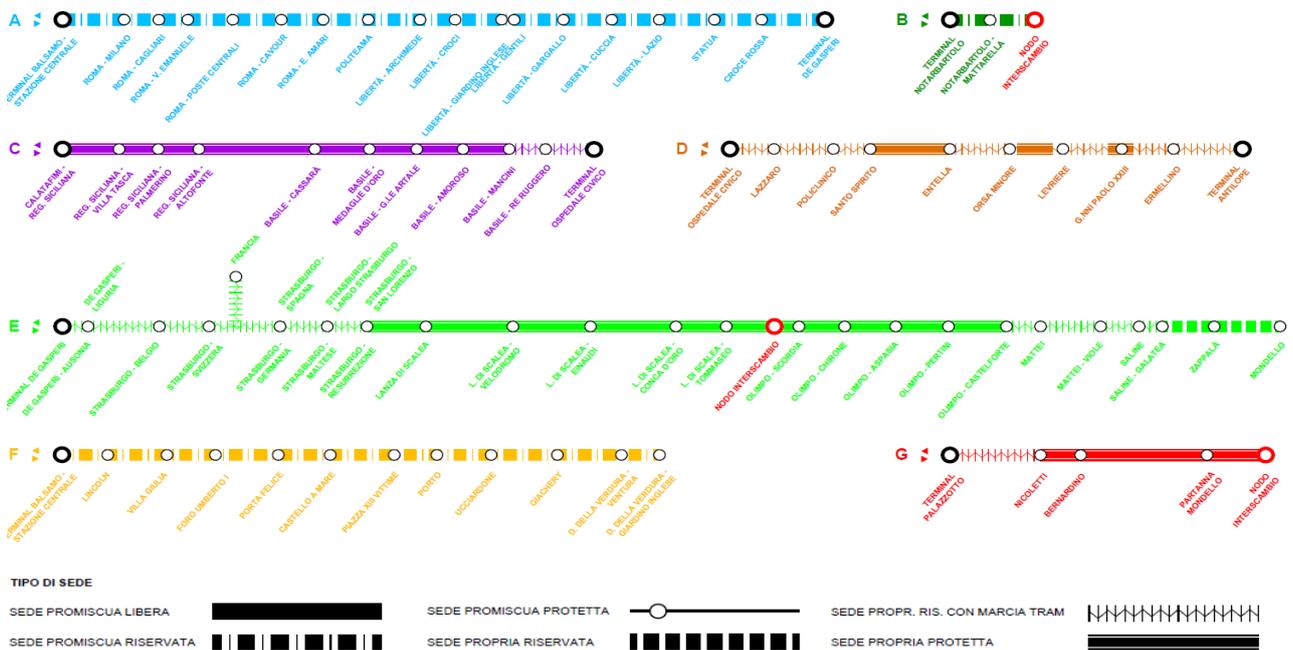
5.5 IMPATTO DELLE SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE SUL CONTESTO

Le sottostazioni elettriche (**SSE**) previste dal progetto offerto saranno **tutte interrato** al fine di minimizzare l'impatto del manufatto sul paesaggio urbano, e con l'opportunità di destinare gli spazi a quota zero al verde, a parcheggio, ai servizi connessi al nuovo sistema tranviario. Per le sottostazioni esistenti, si prevede l'opportunità dell'implementazione dei trasformatori, ovvero l'inserimento del **secondo trasformatore**, per garantire la funzionalità del sistema esistente, con un numero di veicoli maggiore dell'attuale dotazione; la TAV. 105 e 106 riportano l'individuazione delle sottostazioni elettriche esistenti (oggetto di adeguamento) e di nuova realizzazione. Per la definizione dei punti di ubicazione delle sottostazioni elettriche si è fatto riferimento all'analisi del contesto ambientale (TAVV. 10 e 11).

5.6 MOBILITÀ SOSTENIBILE E PERMEABILITÀ TRASVERSALE

La **permeabilità trasversale** o l'"**impermeabilizzazione dei tracciati**" come riportato nel punto 4 del criterio di valutazione b) del Bando di Gara della Fase I, rappresenta un tema estremamente importante che ha interessato il presente SdFTE e che comporta notevoli conseguenze, soprattutto in ambito urbano, legate alla **sicurezza** ed alla **fruibilità della sede stradale**. La scelta del tipo di sede da adottare per la tranvia, libera o protetta, è in grado di modificare l'assetto urbanistico, architettonico ed estetico, nonché di implicare notevoli cambiamenti sulle abitudini dei cittadini. La sede protetta (ringhiere, cordoli, etc) garantisce la sicurezza dei cittadini ma al contempo rappresenta un ostacolo per i pedoni, condizionando e limitando gli attraversamenti della sede stradale, con conseguenti ripercussioni sull'economia locale degli esercizi commerciali che, in alcuni casi, constatano la riduzione di clienti e guadagni.

È esemplificativo il tratto stradale di Viale L. Da Vinci (dalla Rotatoria Einstein fino alla Stazione Notarbartolo) dove il tram in sede protetta ha modificato l'originaria fruizione della strada e dell'area circostante. In questo tratto, l'inserimento di una sede con "marcia tram", in luogo delle ringhiere esistenti, consentirebbe sicuramente di migliorare l'inserimento dell'infrastruttura tranviaria nel contesto urbano attraversato. Fermo restando la necessità, per le tranvie veloci (Tratte C, D, E, G), di adottare (come per le esistenti Linee 1, 2, 3 e 4) una sede tranviaria propria protetta (in modo da limitare le interferenze con il traffico privato e garantire un'elevata velocità commerciale), il Concorrente ha affrontato il tema in dettaglio - individuando caso per caso la migliore soluzione tecnica - al fine di rendere pienamente compatibile la nuova infrastruttura di trasporto con il contesto urbanistico, storico, paesaggistico, di volta in volta attraversato. Di seguito si riportano gli schemi linearizzati delle tratte con il tipo di sede progettata.



La "TAV.104" riporta uno schema tipo completo da adottare in corrispondenza delle intersezioni stradali, individuando tutte le misure ed i dispositivi (*parapetto di protezione per utenti deboli, labirinti, pulsante di prenotazione pedonale, segnalatore acustico per ipovedenti, paline semaforiche, loop di impegno / disimpegno tranviario, semafori countdown, percorsi tattili LVE per non vedenti, mappe tattili, parapetti di protezione tattile, etc*) da impiegare per garantire una efficace permeabilità trasversale nei confronti degli utenti deboli.

I **semafori countdown**, autorizzati con decreto del MIT del dicembre 2017, svolgono una funzione accessoria in quanto aggiungono una ulteriore informazione agli utenti della strada visualizzando la **durata rimanente del tempo previsto per l'accensione delle luci della lanterna semaforica nella fase corrispondente**. Si tratta di una soluzione tecnica che da un lato contribuisce ad incrementare la sicurezza stradale - soprattutto per gli utenti deboli (pedoni, bambini, anziani e ciclisti) - e dall'altro aumenta la capacità dei nodi, riducendo i perditempo al semaforo durante le fasi di avvio della marcia (fase di verde).

5.7 LE PAVIMENTAZIONI PERMEABILI

Il progetto, che il Concorrente propone, vuole essere un modello di **sostenibilità ambientale** per la città, un **modello di efficientamento e risparmio energetico**, in linea con le categorie "Energia" e "Vita" del PAES.



Area di bioritenzione



Pavimentazione permeabile



Fascia filtro

Nello specifico, si propone di adottare

soluzioni per lo smaltimento delle acque di piattaforma, compatibili con il contesto urbano ed idrogeologico attraversato. Si ritiene opportuno, laddove possibile, dotare la nuova infrastruttura tranviaria e le Aree Significative (ASi) oggetto di rigenerazione urbana, di "Best Management Practices" (BMPs) per la riduzione degli afflussi in ambito urbano. Per assolvere allo scopo di allontanare le acque meteoriche dalla pavimentazione in modo rapido ed efficiente si è previsto l'uso di **pavimentazioni ad elevata permeabilità** aventi anche una buona capacità di **captazione** degli **inquinanti**, fungendo da pretrattamento delle acque (rimozione di solidi sospesi, olii, etc). Queste pavimentazioni assicurano la detenzione delle acque che vengono immagazzinate temporaneamente negli strati profondi (strati di accumulo) e **rilasciate lentamente** nel tempo (anche con ritardi di 6 ore) al recapito finale. Ne derivano ulteriori benefici: la riduzione del tirante idrico nei collettori fognari e l'incremento dell'efficienza di depurazione delle acque di prima pioggia. Il **nuovo sistema Tram** attraversa un'area urbana ad alta densità abitativa ed in cui sono presenti per lo più **sistemi idraulici urbani ormai datati** (e talvolta insufficienti per un'efficiente allontanamento delle acque superficiali di piattaforma) e quindi potranno trarre notevoli benefici dalla particolare pavimentazione proposta. A titolo esemplificativo, questa pavimentazione sarà usata, nella **Tratta A**, ed in particolare in via Libertà (tra Piazza Castelnuovo (Politeama) e Piazza Mordini), dove è prevista una superficie permeabile di circa 8.400 m².

5.8 IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE A BASSO CONSUMO ENERGETICO ED ALTA EFFICIENZA

L'**impianto di illuminazione**, e più in particolare quello **semaforico**, oltre ad essere improntato sui più moderni principi della "smart mobility", **prevede un sistema di illuminazione** delle lanterne a **basso consumo energetico ed alta efficienza**. Infatti per i semafori veicolari, tranviari e ciclo-pedonali ed anche per quelli esclusivamente pedonali si ritiene indispensabile l'uso di **innovative lanterne semaforiche con ottica a LED, ad elevatissima efficienza**, che si contraddistinguono da innumerevoli vantaggi rispetto ai tradizionali impianti con lampada ad incandescenza; tra questi si annoverano: a) **l'abbattimento dei costi di gestione** grazie ai **modesti consumi di energia (riduzione del 90%)** con conseguente marcata riduzione delle emissioni di CO₂; b) vita utile dei led superiore ai 15 anni; c) la maggior sicurezza, grazie alla riduzione del cosiddetto "effetto fantasma", dovuto al riflesso dei raggi solari che negli impianti tradizionali possono ingannare gli utenti della strada con manovre scorrette e rischi per la sicurezza.

5.9 CONFORT ACUSTICO E RIDOTTE VIBRAZIONI DI MARCIA

Il **comfort di marcia per gli utenti del trasporto tranviario sarà elevatissimo** essendo le carrozze del rotabile scelto (**Citadis X05**) perfettamente isolate dai rumori del traffico urbano. Anche **le vibrazioni saranno estremamente ridotte per una resa del servizio estremamente confortevole**. Infatti, in accordo alla norma ISO 2631-1 /2010, **ai macchinisti dei Tram Citadis X05 è garantito il pieno comfort alla guida per oltre 8 ore di servizio continuativo**. Anche **il comfort percepito dai passeggeri sarà eccezionale**, essendo le massime vibrazioni laterali/verticali inferiori rispettivamente a $0,51 \text{ m/s}^2$ e $0,57 \text{ m/s}^2$, per le ordinarie velocità operative (norma ISO 2631-1 / 2010). **Al fine di smorzare rumori e vibrazioni e di rendere perfettamente compatibile il nuovo sistema di trasporto su ferro con le aree residenziali e centrali della città è stata prevista**, come già descritto, **una sovrastruttura tranviaria munita di "profilati antivibranti"** - realizzato in granuli di gomma SBR selezionati e pressati con collante poliuretano - **avvolgenti le rotaie a gola (Phoenix)**. Si tratta di una soluzione tecnica che oltre ai suddetti benefici permette di ridurre l'usura ondulatoria delle rotaie ("marezzature"), le attività di manutenzione ed i relativi costi, e di isolare il binario da eventuali correnti vaganti.

5.10 MINIMIZZAZIONE DEGLI SCAVI IN FASE DI CANTIERE

In aderenza a quanto richiesto dal bando di gara si è provveduto ad individuare il miglior processo e le migliori soluzioni atte a **limitare gli spessori** della sovrastruttura tranviaria, intesa come il complesso fondazione in c.a. e armamento; ciò al fine di **limitare le interferenze** con i sottoservizi esistenti ovvero *"limitare la profondità delle opere civili nel centro urbano/storico, per evitare anche interferenze con il sistema di condutture"*. Già in questa fase di PdFTE il **Concorrente**, oltre a prevedere una rassegna delle interferenze sia nei profili longitudinali (cfr. TAVV. 51-59) che nelle planimetrie degli elaborati grafici inerenti la sicurezza (TAVV. 128-134) ha definito nell'elaborato "R6" un ampio e dettagliato piano delle indagini (*censimento sottoservizi, geotecnica stradale, videoispezioni*). La sovrastruttura tranviaria avrà uno spessore molto limitato (circa 55 cm) e sarà composta da una piastra di fondazione continua in c.a. di spessore 35÷40 cm e da strati superficiali di spessore 15 cm. La sovrastruttura è parzialmente simile a quella impiegata sulle linee già realizzate a Palermo, ma sarà costruita con l'ausilio del sistema **Appitrack della Alstom** che prevede la posa di una **lastra continua** tipica delle **pavimentazioni CRC** (*Continuously Reinforced Concrete*). Questa tecnologia costruttiva permetterà di non spostare la maggior parte dei sottoservizi. Il PdFTE prevede comunque in corrispondenza dei margini laterali della sovrastruttura - oltre i binari - un apposito cavidotto adeguatamente protetto da una **polifera ribassata in c.a. gettata in opera per contenimento sottoservizi** in grado di accogliere almeno 4 tubazioni DN160 e 4 tubazioni DN125 (cfr. particolari TAVV. 76-89). Laddove la densità e la vetustà dei sottoservizi lo richiederà, a seguito dell'esecuzione delle indagini, verranno privilegiate **soluzioni integrate** a "cunicolo" per la raccolta razionale e la possibilità di ispezionare i sottoservizi.

6 MOTIVAZIONE DELLE SCELTE TECNICHE DI PROGETTO

In questo capitolo si descrivono sinteticamente le tecniche di progettazione adottate per la definizione dei tracciati e dell'infrastruttura tranviaria (modello BIM), le caratteristiche tecniche più significative dei rotabili adottati, la tecnologia scelta per i tratti tranviari senza catenaria (unitamente al sistema di controllo e sicurezza dell'esercizio), la tecnologia che si ritiene di dover impiegare per la posa della sovrastruttura in fase di cantiere ed il piano tipo di manutenzione (delle opere civili, impiantistiche e del materiale rotabile) da effettuare durante la vita utile del sistema di trasporto in esame.

6.1 PROGETTAZIONE CON MODELLO BIM

Sin dalla fase di elaborazione del presente Progetto di Fattibilità Tecnico Economico sono state adottate modalità di progettazione tali da garantire l'assenza di controindicazioni costruttive e normative, la conformità alle leggi e ai regolamenti vigenti. Nelle eventuali successive fasi di approfondimento tecnico, l'integrazione tra la progettazione e la fase di approvvigionamento sarà garantita dalla realizzazione di

modelli BIM con i quali si fornirà un piano dettagliato di tutte le informazioni necessarie per procedere con l'approvvigionamento dei materiali. Il concorrente ha già definito i materiali, le caratteristiche geometriche ed i livelli prestazionali che ciascun elemento possiede inserendoli nei diversi oggetti costituenti il modello BIM. Il passaggio dell'informazione dal team di progettazione al fornitore si concretizzerà con estrapolazione dai modelli di file (tabelle in excel) direttamente utilizzabili per la contabilizzazione delle quantità e le specifiche tecniche dei diversi materiali. Le tabelle delle quantità accanto alle specifiche tecniche saranno uno strumento eccellente per il fornitore che così riuscirà a definire rapidamente l'offerta.

Infine, un ulteriore vantaggio risiederà nel collegamento tra il modello BIM ed il cronogramma di costruzione; si potranno infatti visualizzare in qualsiasi momento tutte le informazioni necessarie per l'acquisto e la gestione dei materiali (dalla fase di progettazione a quella operativa), mostrando le modalità di approvvigionamento, movimentazione, stoccaggio, lavorazione e collocamento in opera, fino alla gestione dei rifiuti in cantiere. La possibilità di simulare i differenti scenari di cantiere e pianificare e programmare l'arrivo just-in-time delle persone, delle attrezzature e dei materiali comporterà una riduzione dei costi e degli spazi del cantiere.

6.2 MATERIALE ROTABILE

Il rotabile scelto per le nuove tratte tranviarie della città di Palermo è il "Citadis X05, modello 305" (Citadis di quinta generazione). Si tratta di un Tram con **pianale 100% ribassato** compatibile sia con infrastruttura APS di Alstom, sia con tratte munite di catenaria (già esistenti e di nuova realizzazione). A bordo sono anche installate batterie che permettono un'autonomia di circa 200 m, sufficiente a superare tronchi con anomalie e guasti. Il rotabile è **largo 2,40 m, alto 3,30 m e lungo 32,2 m ed ha una capacità di 211 o 273 passeggeri seduti ed in piedi**, considerando rispettivamente 4 passeggeri/m² o 6 passeggeri/m² e può essere attrezzato anche con rastrelliere per biciclette. Il rotabile ha dimensioni sostanzialmente identiche a quelle dei Tram già in esercizio a Palermo ed è perfettamente compatibile con le tranvie esistenti, in termini di alimentazione, scartamento, **transito, ricovero/rimessaggio anche nei depositi e nelle officine esistenti. Il peso assiale è inferiore alle 10 tonnellate.** Si tratta di un rotabile che risponde ai più moderni standard di efficienza (i motori a magneti permanenti hanno **efficienza energetica del 97%**) e sicurezza, come per altro **certificato dai più importanti Enti cui è attribuito il ruolo di verificatori e valutatori indipendenti della sicurezza nel settore ferroviario e filoferrotranviario, tra i quali si annoverano: CERTIFER, STRMTG e Lloyd's.**



Date le indubbie prestazioni in termini di confort, sicurezza e affidabilità, il Tram Citadis è molto diffuso e sempre più richiesto: infatti ne sono stati venduti 2.300 in più di 50 città e 18 Paesi del mondo. Con specifico riferimento ai Tram di ultima generazione **Citadis X05** scelto per Palermo, **negli ultimi 5 anni ne sono stati venduti più di 100** (14 a Cuenca, 11 a Dubai, 32 a Rio de Janeiro, 30 a Sidney, 17 a Lusail, 10 a Bordeaux). Il sistema tranviario nel suo complesso (infrastruttura/tecnologia APS e rotabili Citadis X05) ha una **affidabilità elevatissima e pari, in media, al 99.95% su base annuale.** A titolo esemplificativo dei risultati conseguibili con la tecnologia APS di Alstom, unitamente ai rotabili Citadis X05, nella "Relazione R.3", cui si rimanda per ogni ulteriore approfondimento, si è riportato lo stralcio del **certificato ufficiale di affidabilità della linea tranviaria di Dubai**, di recente realizzazione, **dal quale emerge** – come risultato notevole - **una affidabilità del sistema sempre superiore al 99%.** Un analogo valore di affidabilità si riscontra sulle tratte con alimentazione tradizionali (catenaria) e rotabili Citadis X05.

6.3 SISTEMA DI ALIMENTAZIONE

Le nuove tratte tranviarie saranno in parte con catenaria ed in parte con sistema di alimentazione a livello del binario ("ground level system"). Per ragioni di sintesi di seguito si descrive quest'ultimo sistema, essendo quello con catenaria ben noto, conosciuto e già utilizzato anche nella città di Palermo. Nel sistema ATS di Alstom l'alimentazione dei rotabili avviene per il tramite di una cosiddetta "terza rotaia" (contact rail) ubicata in corrispondenza dell'asse del binario, tra le due rotaie a gola (scartamento ordinario di 1.435 mm). La "terza rotaia" è composta da più segmenti metallici tra loro isolati, ciascuno avente una lunghezza di 8 m (con tratte di isolamento lunghe 3 m). Questi segmenti sono energizzati ed attivati per il tramite di un radiocomando emesso dai rotabili tranviari che viene captato da un sottostante loop che determina la chiusura di un contattore di potenza di collegamento di ogni singolo segmento con una linea alimentatrice a +750 V. **Si ottiene, così, il passaggio di corrente elettrica soltanto sui quei segmenti di terza rotaia che, man mano il Tram avanza, sono posti al di sotto dello stesso** e quindi risultano a diretto contatto con due pattini di captazione (*frotteurs*), di cui è munito il rotabile. I segmenti energizzati sono pertanto fisicamente inaccessibili ad eventuali pedoni, animali, oggetti, ecc. eliminando ogni rischio di elettrocuzione. Dalla disamina della più recente letteratura tecnico-scientifica, effettuata in sede di studio, è emerso che **il sistema APS Alstom, in tutte le linee in cui è stato usato, non ha mai dato alcun problema di sicurezza, neanche in presenza di acqua stagnante sulla piattaforma stradale, anche in seguito a piogge di eccezionale intensità.**

6.4 SISTEMA DI CONTROLLO E DI SICUREZZA DELL'ESERCIZIO E SEMAFORICO. IMPLEMENTAZIONE E GESTIONE INTELLIGENTE

Il **sistema di controllo e di sicurezza dell'esercizio** proposto per le nuove tratte Tranviarie della città di Palermo è stato progettato in accordo ai più moderni standard di funzionalità, sicurezza ed efficienza per la circolazione tranviaria. Quest'ultima sarà assistita da un *centro di controllo e di supervisione* mediante l'ausilio di apparati di sicurezza per la gestione automatica delle tratte (eventualmente anche banalizzate), dei deviatori e dei capolinea. **Il sistema centralizzato di supervisione dell'esercizio** permetterà di ottimizzare i movimenti grazie a funzioni aggiuntive di indirizzamento automaticamente dei rotabili, informando in tempo reale i conducenti su eventuali anticipi o ritardi rispetto alle tabelle di marcia programmate. Il sistema centralizzato elaborerà e trasmetterà, in tempo reale, le **informazioni agli utenti sui tempi di attesa** che saranno visualizzati in **pannelli informativi** alle fermate. Il sistema gestisce anche la **regolamentazione dei cicli semaforici in modalità coordinata e centralizzata in corrispondenza delle intersezioni tra linee tranviarie – e stradali**. La centralizzazione del sistema consente la supervisione continua dello stato diagnostico degli enti periferici quali regolatori d'incrocio, lanterne, spire tranviarie e stradali.

L'impianto semaforico proposto oltre ad essere improntato sui più moderni principi della "smart mobility", prevede un sistema di illuminazione delle lanterne a basso consumo energetico ed alta efficienza. Saranno installate anche **le luci countdown per indicare il tempo residuo negli attraversamenti pedonali e ciclabili**, con caratteristiche conformi al recente **D.M. 24 aprile 2017**. Per migliorare ulteriormente le condizioni di sicurezza si prevede l'installazione on-board del sistema di assistenza alla guida ADAS (Advanced Driver Assistance System), specificatamente studiato per i rotabili Citadis. Il sistema di ausilio alla guida ADAS **consente di individuare eventuali pericoli o rischi presenti sull'infrastruttura e nelle sue vicinanze** (altri Tram, veicoli, pedoni, ecc.) **intervenendo, con una frenata di emergenza, in caso di ritardi nei tempi di percezione e reazione del macchinista.**

6.5 IL SISTEMA DI POSA DELLA SOVRASTRUTTURA TRANVIARIA

La soluzione progettuale proposta per la **tecnologia** di posa della sovrastruttura è quella del processo esecutivo sviluppato dalla società francese **Alstom Transport** denominato **Appitrack**.



Questo processo costruttivo costituisce una modalità di tracciamento e posa meccanizzata che consente di eseguire la sede tranviaria **più velocemente** rispetto ai metodi convenzionali, **migliora** le condizioni di **sicurezza** e la pulizia del cantiere, **riduce i disturbi ambientali** (rumore, polveri, emissioni, etc) anche in termini di impatti sonori e, ovviamente, consente una esecuzione del progetto più rapida in termini complessivi. Il **processo costruttivo** Appitrack viene attuato attraverso un **convoglio di macchinari** sincronizzati tra loro a guida 3D, in grado di **procedere** in continuo con velocità esecutive notevoli (altrimenti non conseguibili con altre tecnologie di posa). Il sistema proposto consente l'installazione dei binari con riduzione dei tempi esecutivi fino ad $\frac{1}{4}$ rispetto a quelli occorrenti con tecniche tradizionali.

6.6 MANUTENZIONE DEGLI IMPIANTI DI SISTEMA E DEI ROTABILI

Con riferimento alla manutenzione degli impianti di sistema è stato elaborato un apposito **Piano di Manutenzione**, allegato all'elaborato "*E.E.3 - Piano economico e finanziario di massima*", costituito da uno specifico **manuale di manutenzione** che riporta in relazione alle diverse **unità tecnologiche**, alle caratteristiche dei materiali o dei componenti interessati, le indicazioni necessarie per la corretta manutenzione del sistema tranviario. Inoltre, il programma di manutenzione riporta al suo interno il sottoprogramma dei controlli per gli impianti di sistema elettro-ferroviari, civili di deposito e delle SSE. Per quanto attiene il programma di manutenzione dei rotabili Citadis X05 (di quinta generazione), in accordo alle specifiche fornite da Alstom sono previsti i seguenti steps manutentivi: 1): 25.000 km; 2): 75.000 km; 3) 450.000 km; 4): 600.000 km; 5): dopo 15 anni di esercizio. **Si tratta di un programma che nel suo complesso incrementa la vita utile dei mezzi ed ha costi relativamente modesti** (abbattimento di quasi il 20% rispetto agli omologhi costi dei modelli Citadis delle precedenti generazioni).

7 MOTIVAZIONE DELLE SCELTE ECONOMICO FINANZIARIE

Le analisi finanziarie ed economiche sono state effettuate a valle della modellazione del sistema dei trasporti, in termini sia di offerta infrastrutturale, sia di domanda di mobilità ed hanno richiesto la comparazione tra l'assetto attuale del sistema dei trasporti pubblici ("Scenario TP 0") e quello futuro che integra le tratte tranviarie in progetto. Per meglio comprendere gli impatti finanziari ed economici del nuovo sistema di trasporto, sono stati dettagliatamente esaminati due distinti scenari:

- "Scenario TP 1": realizzazione delle sole tre tratte tranviarie A, B e C;
- "Scenario TP 2": realizzazione di tutte le tratte tranviarie (A, B, C, D, E, F, G).

Inoltre, è stata confrontata la tecnologia scelta per le tratte "catenary free" (APS Alstom e rotabili Citadis X05) con sistemi alternativi, in particolare con quello che prevede rotabili con alimentazione "on board" e ricarica alle fermate (tipo Flexity 2/Primove di Bombardier). **È stato riscontrato che la tecnologia APS Alstom (e rotabili Citadis X05) è indubbiamente quella finanziariamente ed economicamente più conveniente** (cfr. Elaborato EE.3). **Si è anche riscontrato che il progetto delle nuove tratte tranviarie pur essendo caratterizzato da un VANF < 0 è pienamente sostenibile sul piano economico (VANE > 0) e pertanto vi è una notevole convenienza sociale connessa alla realizzazione degli interventi previsti in progetto.**

7.1 STIMA DEI COSTI DI INVESTIMENTO

Il progetto richiede i seguenti costi di investimento al lordo dell'IVA (cfr. Elaborati EE.1 e EE.2):

- Investimento per le tratte A+B+C = € 348.351.508
- Investimento per le tratte D+E+F+G = € 520.473.596
- Investimento per tutte le tratte A+B+C+D+E+F+G = € 868.825.103

Si precisa che i suddetti importi sono comprensivi del costo di acquisto dell'intero parco rotabile composto da Tram Alstom "Citadis X05".

7.2 FLUSSI DI CASSA E VALORE ATTUALE NETTO FINANZIARIO (VANF)

Durante il periodo di esercizio del sistema di trasporto tranviario (30 anni), **il flusso di cassa annuale si mantiene costantemente di valore negativo**. Anche il Valore Attuale Netto Finanziario, per lo scenario più probabile e realistico (tra tutti quelli possibili e studiati in merito agli incassi per vendita di biglietti e di abbonamenti) è negativo, segnatamente:

- per lo "Scenario TP 1" (realizzazione tratte A, B e C): **VANF ≈ - 239 milioni di euro;**
- per lo "Scenario TP 2" (realizzazione di tutte le tratte): **VANF ≈ - 526 milioni di euro.**

Quindi, in entrambi i casi, **essendo il VANF fortemente negativo, le entrate previste con il progetto non sono sufficienti a coprire i costi ad esso associati** (investimento iniziale e costi operativi/gestionali), come per altro avviene nella quasi totalità degli investimenti in infrastrutture per i trasporti analoghi a quello in esame. È del tutto evidente che **nell'ipotesi di realizzare le sole tratte A, B e C si otterrebbe un saldo finanziario negativo ma più sostenibile di quello riferito alla realizzazione dell'intera rete tranviaria** (cioè di tutte le tratte A, B, C, D, E, F e G), essendo il valore del VANF per lo "Scenario TP 1" pari a meno della meta di quello dello "Scenario TP 2". In questa direzione, un contributo efficace al miglioramento dei flussi di cassa e del VANF lo si potrebbe ottenere anche con la realizzazione, ed il conseguente esercizio, del parcheggio multipiano annesso al "deposito STADIO", (cfr. Elaborato EE.3).

7.3 PERFORMANCE ECONOMICHE DEL PROGETTO

L'analisi economica differisce da quella finanziaria in modo sostanziale: infatti, permette di misurare il valore sociale del progetto delle nuove linee tranviarie, dando particolare rilevanza non solo al promotore dell'investimento ma anche agli utilizzatori del servizio (utenti) e ai cittadini che pur non essendo utenti del servizio di trasporto avvertono taluni costi e benefici da esso generati.

In base ai benefici ed i costi economici stimati nell'Elaborato EE.3 (periodo di esercizio di 30 anni), sono stati desunti i seguenti valori degli indicatori economici che definiscono le performance economiche del progetto:

- a) Valore attuale netto economico:
 - per le tratte A+B+C (Scenario TP 1): **VANE = € 32.707.003 > 0**
 - per le tratte A+B+C+D+E+F+G (Scenario TP 2): **VANE = € 272.506.515 > 0**

- b) Saggio di rendimento interno economico:
 - per le tratte A+B+C (Scenario TP 1): **SRIE = 4,10% > 3%**
 - per le tratte A+B+C+D+E+F+G (Scenario TP 2): **SRIE = 6,6% > 3%**

- c) Rapporto Benefici/Costi attualizzati:
 - per le tratte A+B+C (Scenario TP 1): **B/C = 1,05 > 1**
 - per le tratte A+B+C+D+E+F+G (Scenario TP 2): **B/C = 1,15 > 1**

In definitiva, **i risultati delle analisi consentono di concludere** - sia per lo "Scenario TP 1", sia per lo "Scenario TP 2" (prima descritti) - **che la realizzazione delle nuove tratte tranviarie determinerà una elevata utilità sociale e quindi vi è un interesse collettivo che dovrebbe indirizzare l'Amministrazione Comunale a costruirle, nonostante il VANF risulti negativo.**