

Cod.
R.2

CONCORSO PROGETTAZIONE SISTEMA TRAM PALERMO - II FASE

PROGETTO DI FATTIBILITÀ



Città di Palermo

AREA TECNICA DELLA
RIQUALIFICAZIONE URBANA E DELLE
INFRASTRUTTURE

ELABORATO

Relazione tecnica con la descrizione generale della soluzione progettuale dal punto di vista funzionale organizzativo e con la descrizione dei criteri di progetto analizzati alla sostenibilità ambientale, risparmio ed efficientamento energetico/economico, all'accessibilità, utilizzo, facilità ed economicità di gestione delle soluzioni di progetto; nonché la valutazione del ciclo di vita delle opere

data: marzo 2018

ELABORATO R.2**RELAZIONE TECNICA CON LA DESCRIZIONE GENERALE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE DAL PUNTO DI VISTA FUNZIONALE ORGANIZZATIVO E CON LA DESCRIZIONE DEI CRITERI DI PROGETTO FINALIZZATI ALLA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE, RISPARMIO, EFFICIENTAMENTO ENERGETICO/ECONOMICO, ALL'ACCESSIBILITÀ, UTILIZZO, FACILITÀ ED ECONOMICITÀ DI GESTIONE DELLE SOLUZIONI DI PROGETTO; NONCHÉ LA VALUTAZIONE DEL CICLO DI VITA DELLE OPERE****PREMESSE**

La presente relazione tecnica descrive la soluzione proposta dallo scrivente Concorrente, ne descrive i modelli funzionali ed organizzativi di progetto e i criteri e le strategie adottate e finalizzate alla sostenibilità ambientale, al risparmio energetico ed economico, all'efficientamento dell'infrastruttura proposta, rappresenta la soluzione gestionale con riguardo all'accessibilità, utilizzo, facilità ed economicità ed, infine, riporta la valutazione del ciclo di vita delle opere.

La relazione è organizzata in capitoli che, anche con riferimento a quanto più dettagliatamente riportato negli altri elaborati della proposta studio di fattibilità, evidenzia gli elementi caratteristici della proposta secondo le indicazioni della procedura di concorso.

FUNZIONALITÀ

L'ampliamento del sistema tram di Palermo si prefigge l'ambizioso obiettivo di dotare la città di una infrastruttura sicura, moderna, puntuale, confortevole, silenziosa e a zero emissioni.

Nella redazione del presente studio di prefattibilità è stata predisposta una griglia di obiettivi incentrata, tra l'altro, sulla funzionalità dell'intero sistema tram della città che quindi tiene conto anche delle tratte costruite e messe a sistema con il presente progetto di ampliamento.

Lo Studio di Fattibilità predisposto dall'Amministrazione Comunale evidenziava molteplici criticità relative alle nuove tratte, sia di ordine tecnico che di funzionale, ulteriori criticità sono state evidenziate durante lo svolgimento della prima fase della procedura concorsuale.

Poiché il sistema tram, di cui la presente proposta rappresenta un ampliamento, è una macchina complessa, estesa sul territorio, con interazioni dinamiche con la città costruita e che dovrà eseguire la maggior parte del TPL, la funzionalità del sistema è stata verificata nella sua interezza.

I risultati di questo studio, già rappresentati nella prima fase concorsuale, hanno consentito di individuare le più corrette linee di sviluppo della proposta progettuale, che si fondano su cinque scelte fondamentali:

- Individuazione di un'area alternativa per la realizzazione del nuovo deposito tranviario
- Prolungamento della tratta C lungo Corso Tukory
- Predisposizione di un piano integrativo dei parcheggi
- Programmazione critica delle fasi di realizzazione
- Analisi del piano di esercizio

NUOVO DEPOSITO "GIACHERY"

Nella prima fase concorsuale è stato attentamente studiato il modello gestionale del sistema nelle successive configurazioni ipotizzate dallo SdF, che sinteticamente prevedeva:

- PRIMA FASE - entrata in funzione delle tre nuove tratte A, B e C e messa in esercizio di n.23 nuove vetture;
- SECONDA FASE - entrata in funzione delle ulteriori tratte D, E, F e G, realizzazione del nuovo deposito Olimpo e messa in esercizio di n.29 nuove vetture.



Tutti i modelli gestionale sviluppati ed esaminati hanno evidenziato la criticità prioritaria determinata dalla localizzazione del nuovo deposito, indispensabile per ricoverare le nuove vetture previste nella prima fase ma la cui entrata in esercizio potrà avvenire solo contemporaneamente alla linea E prevista nella seconda fase in priorità 5.

Si evidenzia immediatamente una disfunzione nella programmazione temporale degli interventi, e un'inefficienza sostanziale nel non disporre già in prima fase del nuovo deposito.

Inoltre il deposito previsto nello SdF in via dell'Olimpo è caratterizzato da:

- posizione non baricentrica, al pari degli altri depositi esistenti nel sistema, circostanza che determina un aggravio dei costi di esercizio per la lunghezza delle tratte da percorrere nei fuori servizio sia in termini di costi diretti che per i perditempo determinati dalla eccessiva lunghezza delle corse a vuoto;
- entrata in esercizio solo con il completamento della tratta E, prevista in priorità 5; circostanza che, a causa della insufficienza delle aree di parcheggio nei depositi oggi in esercizio, renderà necessario un ampliamento provvisorio di uno dei depositi esistenti per soddisfare il maggiore fabbisogno di aree di parcheggio o al ricovero delle vetture all'aperto e maggiori costi di manutenzione e di esercizio dei depositi per le necessarie ripetute manovre delle vetture in aperto contrasto con i criteri di (ART. 18 LETTERA a) SUBCRITERIO 1);
- Forma irregolare inadeguata ad una razionale disposizione delle aree di rimessa tram;
- Superficie di 19.000 m2 insufficiente per soddisfare il fabbisogno di aree destinate a rimessa parcheggio necessarie al nuovo parco vetture. Infatti, mentre il deposito di Roccella, edificato su una superficie pressoché regolare di 30.000 m2, può ricoverare 24 vetture il nuovo deposito dovrebbe ospitare almeno 38/40 vetture.

Le sopraelencate considerazioni hanno condotto a studiare e proporre una nuova localizzazione del deposito nell'area della stazione ferroviaria dismessa di Sampolo, e una diversa articolazione delle fasi:

- PRIMA FASE - entrata in funzione delle tre nuove tratte A, B, C e del tratto F coincidente con via Duca di Verdura, messa in esercizio di n.12 nuove vetture e retrofit di n.5 vetture già disponibili;
- SECONDA FASE - entrata in funzione delle ulteriori tratte D, E, G e del completamento della linea F, messa in esercizio di n. 29 nuove vetture e retrofit di n.5 vetture già disponibili.

Come evidente la rilocalizzazione del deposito permette di rendere fruibile l'opera fin dal primo ampliamento della rete, inoltre, la realizzazione di un deposito baricentrico rispetto alla linea A consente di sviluppare, sin dalla prima fase, un modello di esercizio con le seguenti caratteristiche:

DEPOSITO OFFICINA ROCCELLA

- ricovero notturno, pulizia e manutenzione giornaliera delle vetture oggi in servizio sulla Tratta Stazione Centrale - Brancaccio,
- manutenzione straordinaria dell'intero parco vetture, infatti il deposito, tramite il nuovo nodo di piazza Giulio Cesare, è direttamente collegato via ferro, senza costosi trasferimenti di vetture via gomma, all'intera rete;

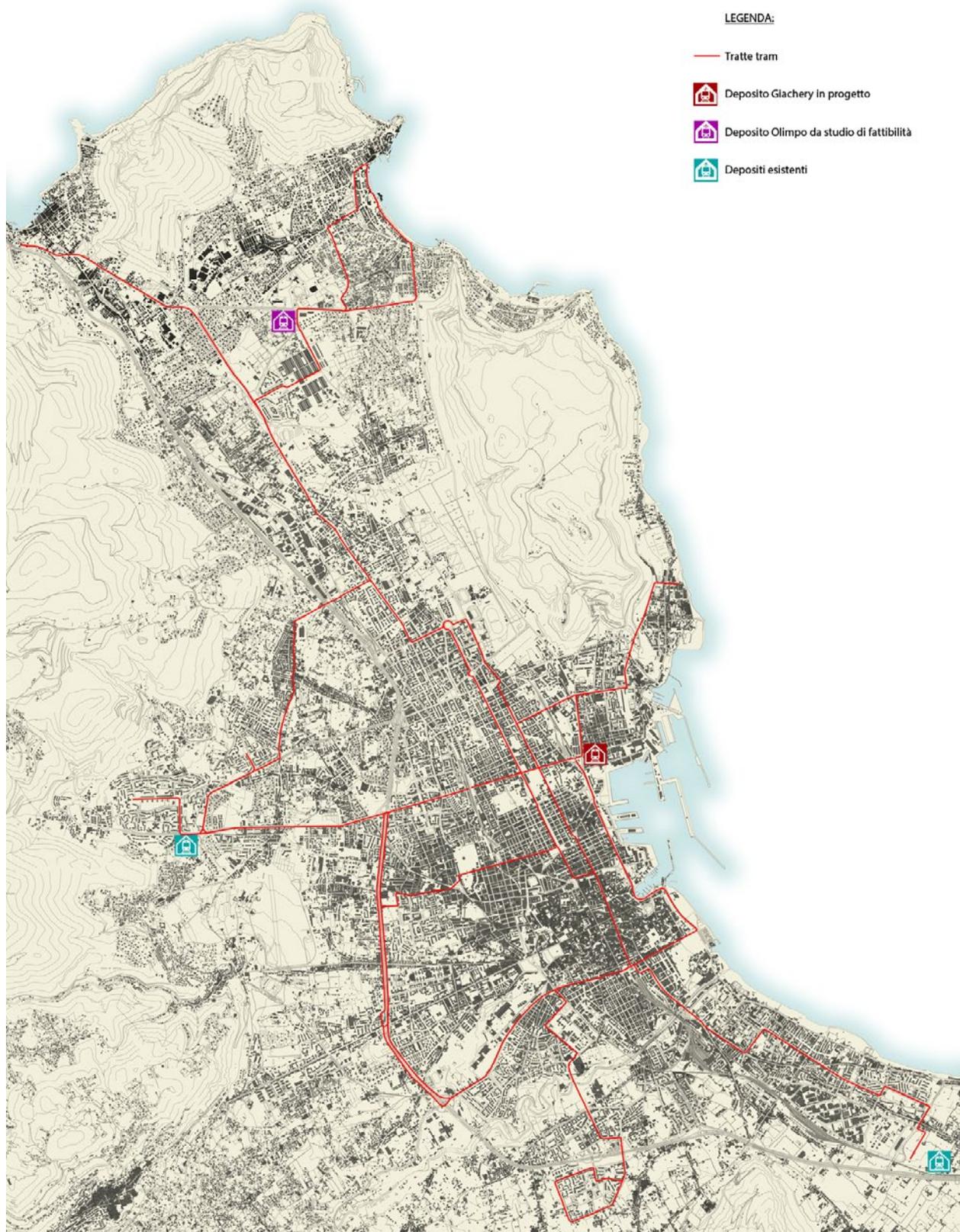
DEPOSITO LEONARDO

- ricovero notturno, pulizia e manutenzione giornaliera delle vetture in servizio sulle tratte B e C (prima fase) e D (seconda fase);

DEPOSITO GIACHERY

- ricovero notturno, pulizia e manutenzione giornaliera delle vetture in servizio sulla linea A e B (prima fase) E, F e G (seconda fase). Il deposito Giachery, come rappresentato negli elaborati Tavv. 65 e 93 è idoneo al ricovero, completamente al coperto, di 40 vetture della lunghezza di quelle proposte, e adeguato anche per le vetture esistenti

Il modello sopra descritto consente notevoli economie di esercizio e di manutenzione in accordo con il quanto richiesto dall'art 18 lettera a) sub criterio 1. Il modello di esercizio sarà dettagliatamente descritto nell'omonimo paragrafo.



NUOVA TRATTA SU CORSO TUKORY

Il modello gestionale sviluppato nella prima fase della procedura concorsuale ha identificato la criticità costituita dall'assenza di un collegamento di superficie tra le stazioni Orleans e Centrale.

Questa soluzione di continuità penalizza il servizio offerto ed in particolare:

- il collegamento da e per i poli ospedalieri, grandi attrattori di mobilità;
- il quartiere di Bonagia, periferia da reintegrare all'interno del tessuto urbano
- il parcheggio Basile, nodo di interscambio da potenziare
- l'Università, grandissimo generatore di mobilità

Tale soluzione inficia anche la corretta gestione del servizio giacché le vetture impegnate sulle linee C e D non possono raggiungere il deposito Roccella via ferro, per manutenzione pesante o per ricovero, senza passare dalla linea A, con altissimi costi di gestione. Per questi motivi nella prima fase concorsuale è stata proposta la realizzazione di un collegamento di superficie tra le stazioni Orlèans e Centrale.

La Commissione Giudicatrice ha condiviso questa impostazione gestionale e ha approvato lo schema dei tracciati che corrisponde allo scenario elaborato dallo scrivente Concorrente.

PIANO INTEGRATIVO DEI PARCHEGGI

Tra gli obiettivi che hanno spinto il progetto per l'ampliamento della rete tranviaria, ruolo centrale ha avuto il miglioramento delle condizioni di vivibilità e di accessibilità della città. Il raggiungimento di tale traguardo non può prescindere dalla sostanziale rivoluzione della modalità di trasporto urbano, operando una conversione dall'autovettura privata alla TPL.

Il tessuto stradale della città moderna, caratterizzato da alcuni assi principali e da una trama di viabilità minore con ridotte larghezze di carreggiata, frutto di scelte urbanistiche poco lungimiranti e non particolarmente attente alla vivibilità dell'ambiente urbano, rende inevitabile la riduzione delle aree di parcheggio in superficie e la conseguente necessità di compensare tale riduzione ricorrendo alla realizzazione di nuove aree di sosta alternative destinate ai residenti nonché di parcheggi di interscambio.

Il traffico urbano, è noto, può essere suddiviso in due componenti principali:

- **endogena** – costituita dagli spostamenti interni: casa/scuola, casa/lavoro;
- **esogena** – determinata dagli attrattori cittadini (cultura, lavoro, istruzione, svago, sanità, amministrazioni pubbliche e private)

La risposta alla domanda di mobilità deve dunque prevedere un sistema completo, efficiente, sicuro, puntuale e diffuso, e capace di gestire entrambe le componenti in modo efficace. Proprio a tal fine e per fare migrare gli spostamenti dalla vettura privata al mezzo pubblico, la disponibilità di parcheggi di scambio efficienti, sicuri e strategicamente posizionati risulta fondamentale.

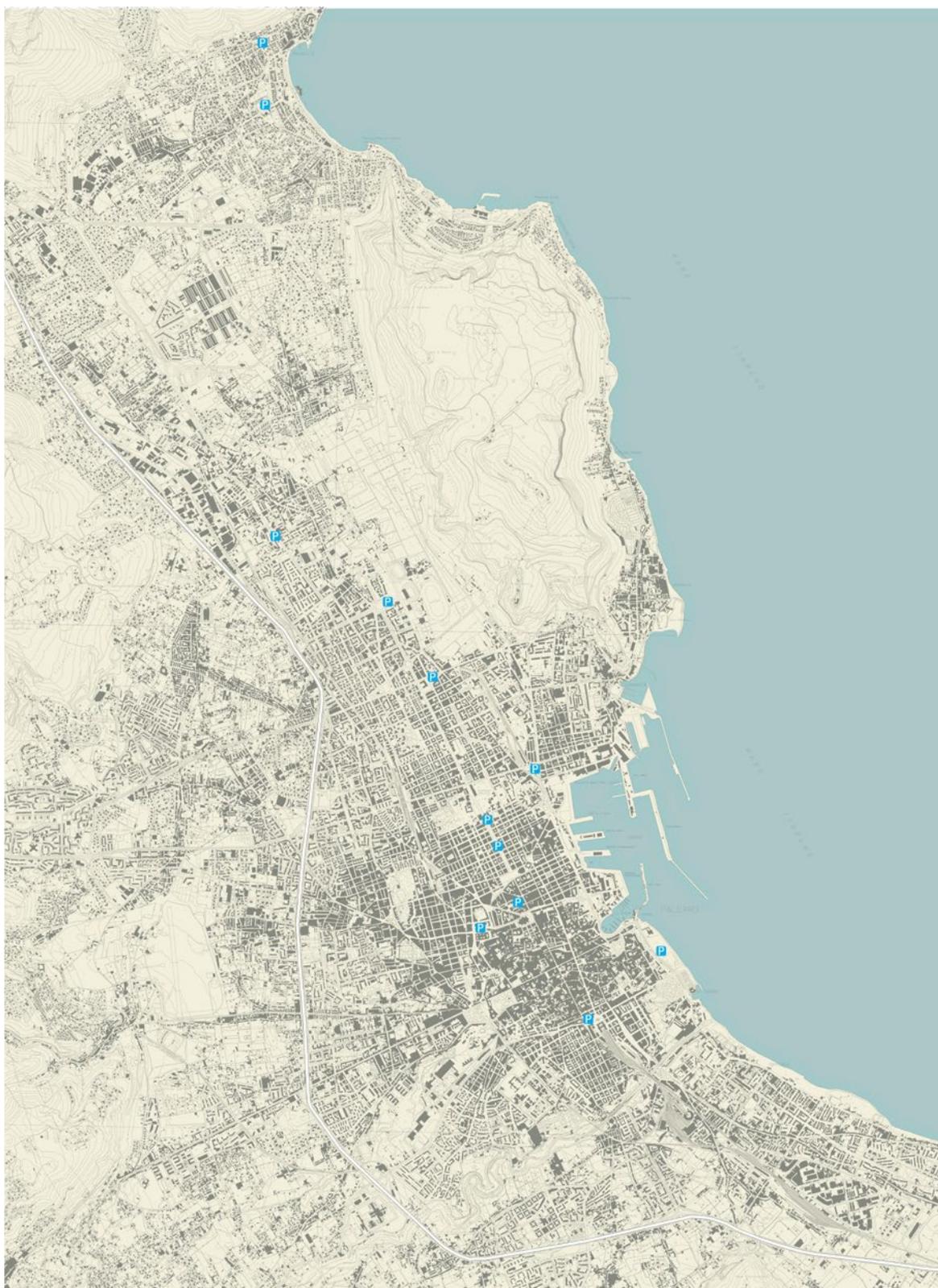
La presente proposta prevede pertanto di implementare la rete dei parcheggi cittadini e di realizzare specifiche opere per gestire le differenti componenti del traffico. Risponde a questa esigenza la creazione della rete di parcheggi ubicati in prossimità dei principali nodi di interscambio Tram/Treno.



SCHEMA PARCHEGGI DI INTERSCAMBIO



Parimenti sarà necessario compensare la soppressione dei posti auto in superficie con la realizzazione di nuovi stalli



SCHEMA PARCHEGGI DI COMPENSAZIONE

Nella consapevolezza che la centralità dello scambio auto/tram sarà il principale fattore di successo del Nuovo Sistema Tram l’idea progettuale ha sviluppato lo studio di fattibilità di n.13 parcheggi riepilogati nel seguente prospetto:

N°	PARCHEGGIO	TIPOLOGIA	N°DI STALLI
1	Libertà	Parcheggio interrato	272
2	Ungheria	Parcheggio interrato	228
3	Don Bosco	Parcheggio interrato	222
4	Alcide de Gasperi	Parcheggi interrati	408
5	Notarbartolo	Parcheggio interrato	226
6	Giulio Cesare	Parcheggio multipiano	165
7	Bonagia	Parcheggio a raso	150
8	Strasburgo	Parcheggio interrato	148
9	Francia	Parcheggio a raso e interrato	532
10	Galatea	Parcheggio a raso e interrato	321
11	Mongibello	Parcheggio a gradoni	360
12	Foro Italico	Parcheggi interrato	445
13	Sferracavallo	Parcheggio a gradoni	142

FASI DELL'AMPLIAMENTO

Ulteriore elemento per il buon esito del progetto sarà la corretta gestione delle fasi di realizzazione in modo da garantire la funzionalità del sistema anche durante le fasi intermedie. A tale scopo, come già evidenziato, la tratta di collegamento con il nuovo deposito verrà realizzata nella prima fase, anticipando la realizzazione di parte della tratta F e permettendo così l’immediata realizzazione e messa in esercizio del deposito e riducendo sensibilmente i costi di gestione e l’impatto sui due depositi già esistenti. Avendo analizzato anche le possibilità di sviluppo futuro dell’opera, il cronoprogramma definito delle opere è stato esteso ai possibili sviluppi futuri della rete:

FASE 1:

- Realizzazione delle tratte A, B e C per un totale di 21,0 Km di rete come previsto nello studio di fattibilità che permetteranno di svolgere il servizio di trasporto pubblico all’interno del centro cittadino e di collegare tra loro le tratte già esistenti;
- Realizzazione del deposito nell’ex scalo merci Sampolo e della parte del tratto F su via Duca di Verdura;
- Acquisto di n.12 nuov vetture e retrofit di n. 5 vetture in servizio;

FASE 2:

- Realizzazione delle tratte D, E, F e G per un totale di 43,2 Km di rete che collegheranno i quartieri periferici ZEN-San Filippo Neri, Bonagia, le borgate marinare e il Water front con il centro città;
- Eliminazione della catenaria esistente su via L. da Vinci e Via E. Notarbartolo e realizzazione delle nuova configurazione di piazza Einstein;
- Acquisto di n. 29 nuove vetture e retrofit di n.5 vetture in servizio;

FASE 3:

- sviluppi futuri:
- Realizzazione di tre nuove tratte a naturale completamento del sistema che conetteranno l’Arenella, l’hub Francia con il quartiere C.E.P e il centro città con il parcheggio di interscambio Emiri



SCHEMA SISTEMA TRAM - TRATTE ESISTENTI, TRATTE IN PROGETTO, ESPANSIONI FUTURE

Nello sviluppo della progettazione è stata esaminata la possibilità di esercire, con vetture di allestimento speciale, il collegamento con l’aeroporto di Punta Raisi nella ipotesi di una riduzione di servizio da parte di FS. Le vetture proposte, infatti, hanno lo stesso scartamento delle vetture ferroviarie ma un costo di esercizio estremamente inferiore; in allestimento con ricarica da linea a 3.000 volt (tensione di alimentazione delle linee ferroviarie) e con impianti di bordo compatibili con quelli ferroviari, potrebbero circolare senza impedimenti tecnologici sulla linea fino all’aeroporto. In questo caso occorrerebbe una rampa di collegamento a Tommaso Natale dove i due tracciati si sviluppano pressoché in affiancamento per ottenere con la stessa vettura Tranviaria, il collegamento di importanti centri a Nord della Città direttamente con il centro del Capoluogo.



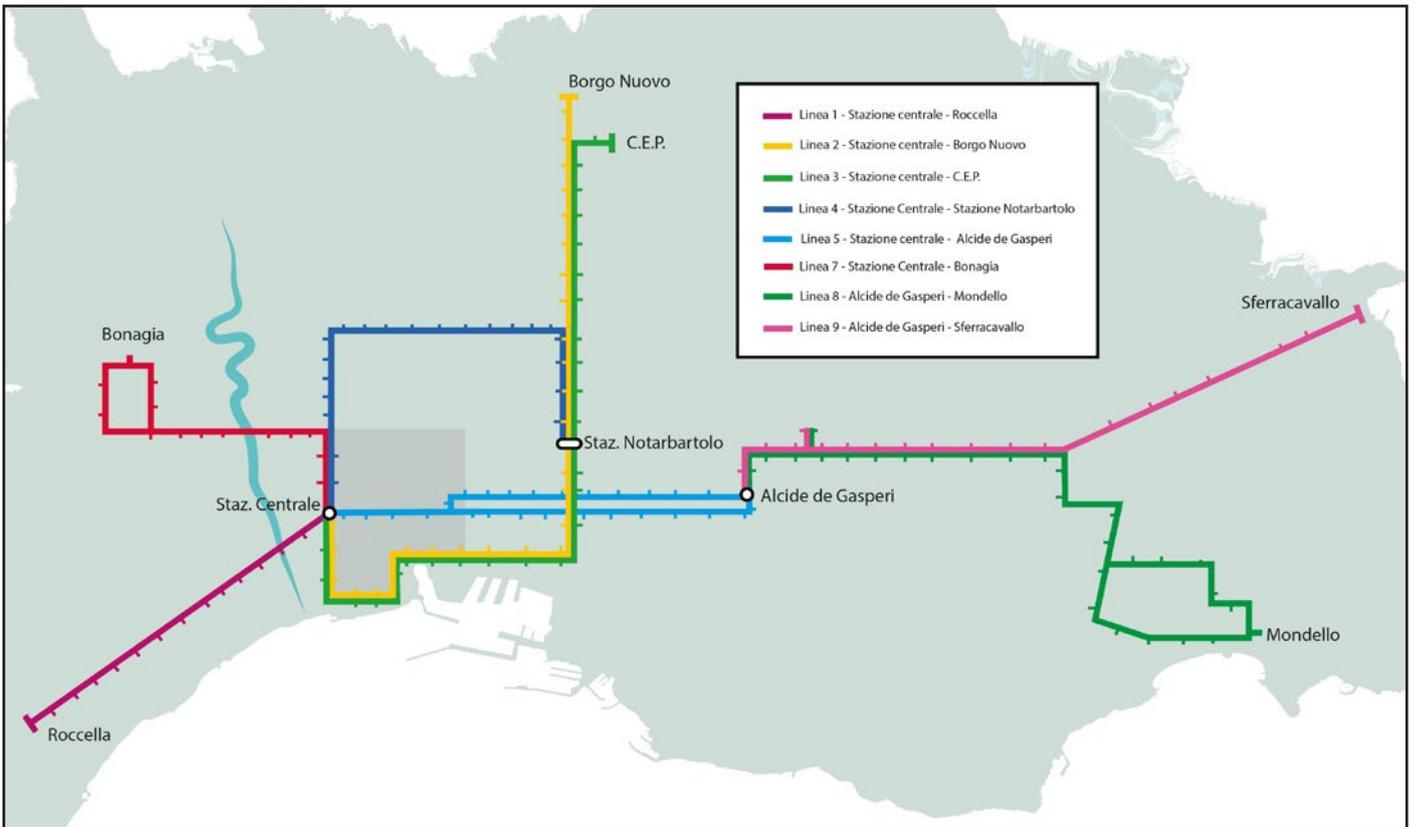
PIANI DI ESERCIZIO

Per ogni fase di realizzazione sono stati elaborati, con diverse soluzioni di configurazione delle linee, specifici piani di esercizio che, sottoposti a verifiche di simulazione con modelli informatici, hanno dimostrato di rispettare i requisiti in termini di servizio di mobilità di economicità di gestione a base dello SdF. In tutte le configurazioni ha assunto centralità l'interconnessione tra gli assi Est/Ovest Verdura-Notarbartolo e Nord/Sud Libertà. Questa consentirà, sin dal primo stralcio funzionale, il servizio di una circolare ridotta Stazione Centrale - Via Duca della Verdura e, con la realizzazione delle linee F, di una circolare più ampia lungo gli assi Lincoln/Crispi/Verdura/Libertà. Inoltre, in occasione di eventi sportivi di particolare importanza, potrà essere attivato un servizio straordinario circolare lungo il tragitto stadio/Libertà/Verdura/stadio di grande efficienza. Per quanto attiene il piano gestionale, in questa sede sono riportati i risultati delle macroanalisi sviluppate sulla base delle indicazioni dello SdF o ricavate dalle pubblicazioni AMAT. In particolare

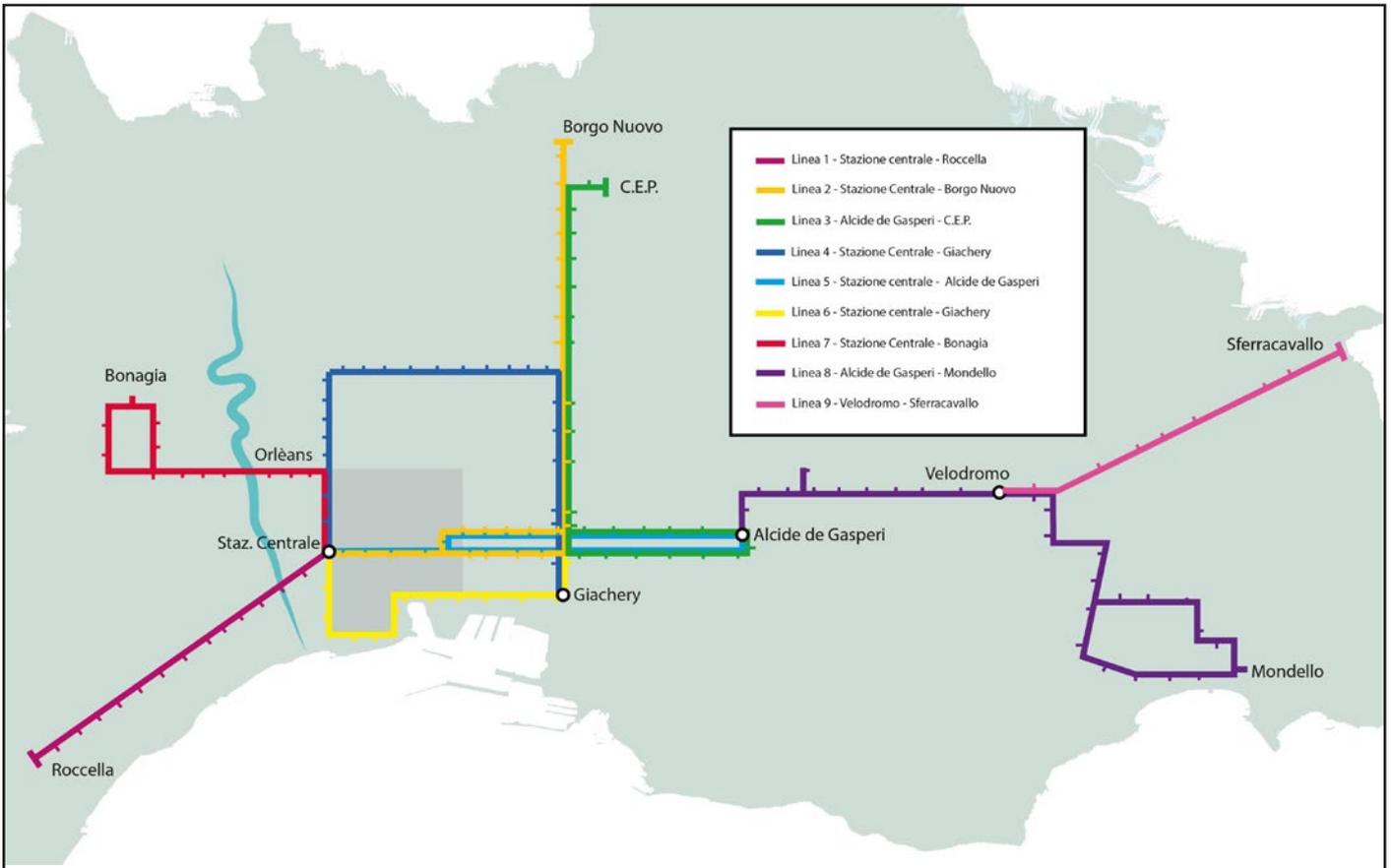
percorrenza media annuale di una vettura	km	60.000
vetture in servizio	n	17
vetture in acquisto (pag. 78 SdF)	n	11
sviluppo linee esistenti (misurate a singolo binario)	km	29,3
velocità in sezione protetta	km/h	20
velocità in sezione non protetta	Km/h	15

e con riferimento alle presente proposta progettuale

sviluppo linee 1° stralcio (misurate a singolo binario)		km	19,86
a singolo binario	in sezione protetta		
acquisto nuove vetture		n	12
retrofit vetture esistenti		n	5
sviluppo linee 2° stralcio (misurate a singolo binario)		km	41,91
a singolo binario	in sezione protetta		
acquisto nuove vetture		n	23
retrofit vetture esistenti		n	5

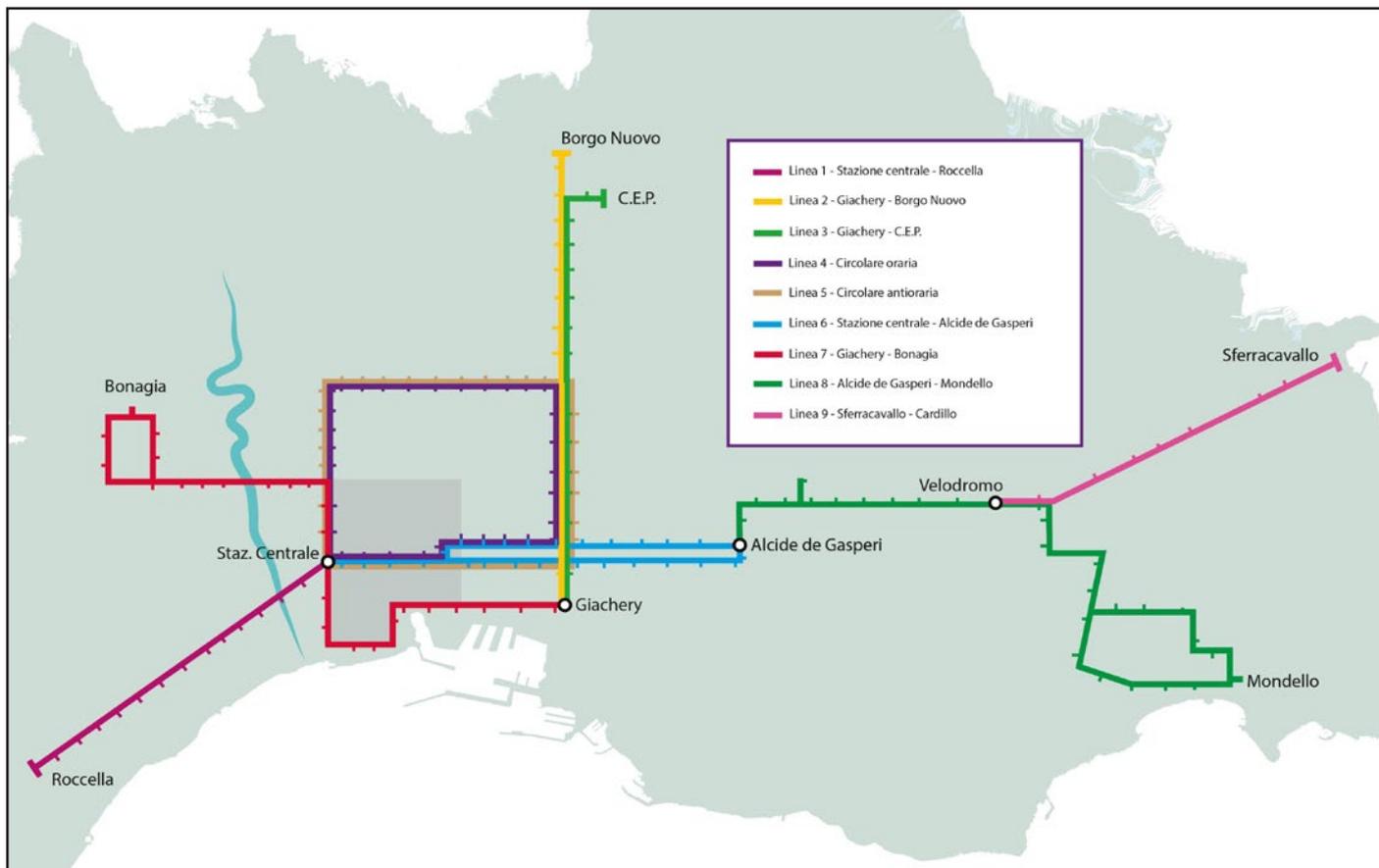


SCHEMA DI ESERCIZIO 1



SCHEMA DI ESERCIZIO 2





SCHEMA DI ESERCIZIO 3

In forma tabellare i risultati delle simulazioni hanno evidenziato quanto di seguito riportato:

SCHEMA DI ESERCIZIO	SCHEMA 1	SCHEMA 2	SCHEMA 3
VETTURE	65	64	60
KM PERCORSI TOTALI (IN ESERCIZIO)	4.695.500	4.236.377	4.011.838
OFFERTA TRASPORTO POSTI/GIORNO	247.456	236.924	224.509

Per quanto sopra esposto la migliore efficienza del sistema tram si ottiene attuando un piano di esercizio in accordo con lo schema 3.

Con il primo stralcio funzionale occorrerà potenziare il parco vetture con ulteriori 12 vetture e, eseguendo il retrofit di 4 delle vetture esistenti, si potrà gestire l'intera rete con una frequenza in linea con le previsioni dello SdF. Nel secondo stralcio verranno acquistate ulteriori 29 vetture e si eseguirà il retrofit di ulteriori 5 vetture.

SOSTENIBILITÀ DEL SISTEMA TRANVIARIO

Il sistema Tram di Palermo sarà ampliato, nella presente seconda fase, con ulteriori sette tratte come dettagliatamente descritto nell'elaborato R.1 e qui di seguito brevemente riassunto:

Tratta A: Dopo aver percorso a doppio binario il tratto su via Roma, da piazza Giulio Cesare (Stazione Centrale) a via Cavour, i binari si sdoppiano. Il binario in direzione Nord proseguirà a senso unico attraverso piazza L. Sturzo, via B.G. Puglisi, via Carini, via Generale C.A. Dalla Chiesa, via M. di Villabianca, via M. di Roccaforte, piazza Don Bosco, piazza Leoni, viale del Fante e Via de Gasperi fino a piazza Papa Giovanni Paolo II.

Il binario in direzione Sud, a partire da piazza Papa Giovanni Paolo II, percorrerà via Croce Rossa, l'intero viale della Libertà, Via Ruggero Settimo e via Cavour riportandosi su via Roma in direzione Sud, verso la Stazione Centrale.

Tratta B: prosecuzione delle linee 2,3 e 4 esistenti percorrerà a doppio binario via Notarbartolo e Via Duca della Verdura fino a piazza Giachery.

Tratta C: Prosecuzione dell'attuale linea 4 percorrerà Viale Regione Siciliana in direzione Sud-Est, si immetterà in via Ernesto Basile, proseguirà lungo Corso Tukory fino alla Stazione Centrale.

Tratta D: La tratta percorrerà via Lodato, via Iazzaro, via Tricomi, tramite una strada di nuova realizzazione e il ponte di attraversamento del fiume Oreto, si immetterà su via San Filippo Neri per poi girare su via Albiri, superare il viadotto Perrier, percorrere parte di via del Levriere e svoltare su via del Bassotto, via Papa Giovanni XXIII, Via dell'Ermellino, via dell'Antilope, e reimmettersi su via del Levriere per ripercorrere il tragitto verso la stazione Orleans.

Tratta E: La tratta percorrerà Via A. de Gasperi, Viale Strasburgo, via San Lorenzo, Viale Lanza di Scalea, svolterà su via Luigi Einaudi, per continuare su via Senocrate di Agrigento, girare su via Pertini e immettersi in Viale dell'Olimpo, continuando su Viale Venere, viale Regina Margherita, viale Regina Elena, e tornare indietro percorrendo Via Mondello, via Palinuro, via Galatea, via Enrico Mattei, tramite il suo prolungamento, e via Castelforte.

Tratta F: La tratta si svilupperà a doppio binario lungo via Lincoln, il Foro Italico, via Cala e via Francesco Crispi, superando il Piano dell'Ucciardone e ricongiungendosi a piazza Giachery con la tratta B.

Tratta G: La tratta percorre Via Lanza di Scalea, Via Nicoletti, e via Palazzotto a singolo binario attraverso il suo prolungamento su via Sferracavallo.

L'intervento è stato programmato dalla Amministrazione Comunale per dare alla città e alla cittadinanza una risposta sostenibile alla richiesta di mobilità.

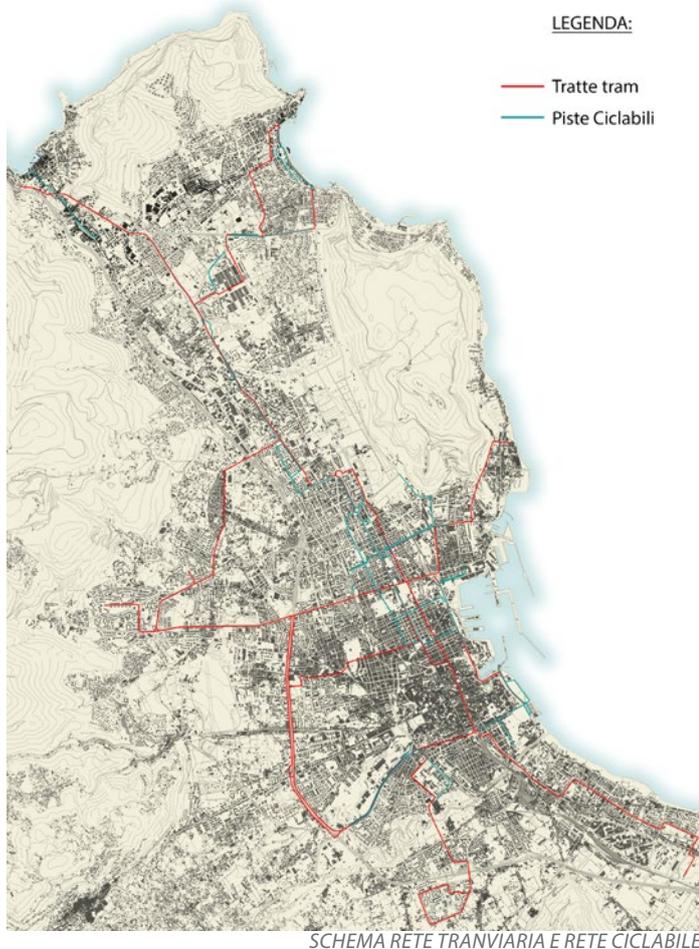
La sostenibilità del progetto di ampliamento del sistema Tram della Città di Palermo ha valenza ambientale, economica e sociale.

SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

Consapevoli di quanto sia importante l'impatto ambientale generato da opere così rilevanti e complesse, si è ritenuto imprescindibile orientare le scelte progettuali in modo da raggiungere i più elevati standard di efficienza energetica dell'infrastruttura in tutte le sue parti, dal materiale rotabile ai manufatti architettonici.

Il materiale rotabile individuato, e meglio descritto nella relazione R3 cui si rimanda per ulteriori approfondimenti, dispone di elementi e tecnologie atte a raggiungere significative riduzioni del consumo energetico e delle emissioni di CO₂. Attraverso l'integrazione dell'energy saver, il sistema intelligente di supporto alla guida e controllo della propulsione (Driver Assistant Manager), l'innovativo motore magnetico permanente, l'illuminazione a LED e il sistema ottimizzato di climatizzazione sarà possibile razionalizzare i consumi, ridurre le emissioni di CO₂ ed ottenere un significativo aumento dell'efficienza del sistema. Per quanto riguarda i manufatti architettonici ed in particolar modo il nuovo deposito, gli stessi sono stati progettati secondo i principi della bio-architettura ed applicando i più moderni sistemi attivi e passivi per l'efficienza e il risparmio energetico, nel rispetto delle normative europee e delle leggi nazionali in materia al fine di realizzare edifici nZEB (near zero energy buildings). Saranno inoltre installati pannelli fotovoltaici ad alto rendimento su tutte le superfici disponibili e le coperture avranno adeguata pendenza e sistema di raccolta, depurazione e riutilizzo delle acque piovane. Le suddette misure di risparmio energetico, oltre a contribuire alla salvaguardia dell'ambiente, garantiranno all'ente gestore vantaggi energetici ed economici.

Inoltre, tutte le analisi trasportistiche del sistema di mobilità effettuata per la città di Palermo hanno evidenziato la complessiva bassa efficienza del sistema di TPL, prevalentemente effettuato su gomma, che ha finito per orientare la cittadinanza a un uso del mezzo privato che non ha uguali in nessun'altra città di pari dimensioni.



Le conseguenze di questo eccessivo uso del mezzo privato ha, con un effetto a catena, ulteriormente diminuito l'efficienza del TPL, rendendo difficile una inversione di tendenza. Gli effetti collaterali dell'eccessivo utilizzo dei veicoli privati sono rappresentati da un costante peggioramento della qualità delle componenti atmosfera e rumore e una disaffezione all'uso sia del mezzo pubblico che della bicicletta.

Il progetto proposto, sviluppando un sistema di trasporto efficiente ed economico, riuscirà ad attivare un'inversione di tendenza e a riconvertire la cittadinanza all'utilizzo del TPL. Al fine di agevolare la migrazione dal mezzo di trasporto privato al trasporto pubblico e a mezzi di trasporto più ecosostenibili, la presente proposta ha sviluppato, unitamente al progetto delle nuove linee tramviarie, il progetto di una rete di piste ciclabili, funzionale e coerente, che si coniuga perfettamente con la rete del sistema tranviario e che stimolerà l'utilizzo della bicicletta. Quest'ultimo mezzo di trasporto, particolarmente adatto alla città di Palermo pressoché pianeggiante, con ridotte precipitazioni annue e clima temperato, è stato fortemente penalizzato dal predominio, anche culturale, dell'autovettura almeno fino ad un recente passato. Le caratteristiche del materiale rotabile prescelto, dotato di appositi stalli per le biciclette,

unitamente all'estesa e continua rete ciclabile prevista incentiveranno la mobilità sostenibile. Le ricadute di questo cambiamento delle abitudini consolidate sono innumerevoli e vanno dal rapido miglioramento delle componenti ambientali aria e rumore, all'aumento del tempo libero della cittadinanza e della richiesta di svago e socialità, alla valorizzazione e sfruttamento del patrimonio culturale. Restano da evidenziare la riduzione di alcune patologie correlate alle componenti atmosfera e alla riduzione della incidentalità.

SOSTENIBILITÀ SOCIALE

Un sistema di trasporto diffuso, puntuale ed efficiente facilita i collegamenti base della mobilità cittadina (casa-scuola, casa-lavoro) e aumenta le disponibilità di tempo e risorse da impiegare per la socializzazione, la cultura e per lo sport, attività che migliorano il benessere della cittadinanza e garantiscono l'attivazione di processi di avanzamento civico e culturale.

L'ampliamento del sistema tram della Città di Palermo, in particolare, avrà importanti ricadute sociali, infatti avvicinerà alle aree della socialità, della cultura e del tempo libero gran parte della popolazione oggi esclusa a causa della ridotta mobilità consentita dall'attuale, inefficiente, sistema di trasporto pubblico e dal conseguente predominio del mezzo di trasporto privato. Si fa specifico riferimento alla possibilità di collegare al centro città, in modo diretto e veloce, aree periferiche oggi slegate dal sistema urbano, come Bonagia e il quartiere ZEN - San Filippo Neri e le borgate di Mondello e Sferracavallo.

Allo stesso modo queste aree, marginalizzate ed in alcuni casi degradate, rientreranno a far parte della vita cittadina, con benefici per le attività artigianali e il piccolo commercio locale e potranno inoltre conoscere nuove opportunità di investimento e sviluppo.

SOSTENIBILITÀ ECONOMICA

Per quanto attiene la sostenibilità economica, pur rimandando alla relazione EE3 redatta secondo i canoni prettamente economici, in questa sede riteniamo di richiamare le sempre più numerose esperienze internazionali nelle quali le ricadute sulla intera collettività di un sistema di TPL efficiente sostengono il servizio in termini di costi di investimento, di costi di manutenzione e di esercizio.

La configurazione e la dotazione tecnologica di cui il sistema proposto dispone consentirà notevoli risparmi, in confronto al sistema attualmente in uso, di spesa operativa corrente. La tecnologia che caratterizza i sistemi di controllo centralizzato, le componentistiche di ultima generazione e le apparecchiature innovative consentiranno di minimizzare i consumi e gli interventi e i costi di manutenzione. Significativa in tal senso è l'efficacia dell'approccio manutentivo “on condition” (CBM) che permette una sostanziale e consistente diminuzione dei tempi, e quindi dei costi, per le attività manutentive garantendo elevati standard qualitativi.

Per quanto attiene un rapporto diretto tra i costi di esercizio per posto e per km percorso, inoltre, appare evidente che il tram, pur avendo un costo per km superiore a quello del bus, grazie alla maggior portata di ogni vettura riesce a conseguire un risparmio anche in termini di contratto di servizio.

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA TRANVIARIO PROPOSTO

Di seguito si espongono in modo puntuale le caratteristiche degli elementi che compongono il sistema proposto e che contribuiscono alla sostenibilità ambientale, al risparmio e all'efficientamento energetico, alla sostenibilità economica all'accessibilità e fruibilità del sistema, nonché all'economicità delle soluzioni proposte. Ogni elemento è stato inoltre analizzato al fine di valutarne il ciclo di vita.

INFRASTRUTTURA

SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

L'infrastruttura proposta, come già detto, usufruendo della tecnologia catenary free, sarà interamente realizzata senza la catenaria. Questo espediente tecnico permetterà di ridurre drasticamente l'impatto dell'infrastruttura sul territorio, non saranno infatti presenti elementi in quota, che deturpano il paesaggio cittadino ed hanno fortemente condizionato il paesaggio urbano durante la costruzione delle tratte esistenti. L'assenza dell'infrastruttura aerea permetterà inoltre di minimizzare la necessità di abbattimento di alberi e vegetazione urbana. I materiali scelti per la realizzazione dell'opera, ed in particolare i materiali che verranno utilizzati per il rivestimento della sede tranviaria, sono stati accuratamente selezionati in modo da garantire il minimo impatto ambientale durante il loro intero ciclo di vita. Si è ritenuto imprescindibile assicurare una facile reperibilità delle materie prime, un alto livello di qualità e una semplice manutenzione degli elementi, nonché una piena compatibilità ambientale, rispettando i principi di sostenibilità. Saranno pertanto utilizzati rivestimenti in materiale composito artificiale che garantiscono un elevatissimo livello qualitativo e la minima impronta ambientale, trattandosi infatti di superfici molto ampie non si è ritenuto accettabile, in termini di costi ambientali, realizzare una pavimentazione in pietra naturale. Il materiale proposto è disponibile in formati di diverse dimensioni, con permeabilità elevata (50 l/sec×m²) e peso ridotto. Si tiene presente la componente ambientale del prodotto, curandone la scelta attraverso delle materie prime, come materiali naturali derivanti da sfridi di lavorazione delle cave di porfido o calcare. Questo evita il depauperamento delle risorse naturali, e rende possibile conferire la tipica colorazione della roccia che rimane inalterata; il materiale è inoltre resistente all'usura e dotato di una finitura che migliora le capacità di riflettanza diminuendo l'effetto “isola di calore”.

RUMOROSITÀ E VIBRAZIONI (ART. 18 LETTERA A) SUB CRITERIO 2)

Il livello di rumore generato dal veicolo a 7,5 m dalla mezzera del binario, nelle condizioni definite dalla norma ISO 3095, alla velocità di 60 km/h, dovrà essere inferiore a 80 dB(A).

Le emissioni vibro-acustico delle tranvie o metrotranvie, operanti di norma con velocità massime dell'ordine dei 40 chilometri orari, sono determinate principalmente dai soli fenomeni di contatto ruota-rotaia (rotolamento, impatto e strisciamento), in quanto per trazioni elettriche, ancor più a batteria, e veicoli moderni il rumore provocato dai motori è trascurabile ed è prevalente solo per basse velocità, mentre il rumore aerodinamico è assolutamente trascurabile.

L'esame dei cedimenti del binario consente di comprendere in modo immediato le ragioni dell'emissione vibro-acustica delle tramvie. La risposta globale è fondamentalmente composta da due componenti: la componente statica è caratterizzata da picchi di ampiezza differente per i due assi del medesimo carrello (a causa di fenomeni di isteresi dei materiali elastomerici presenti nell'armamento) ed è relativa alla risposta dell'armamento ai carichi gravitazionali; la componente dinamica è caratterizzata da oscillazioni tra valori positivi e negativi con contenuti spettrali maggiori di 20-30 Hertz ed è connessa ai carichi dinamici di contatto ruota-rotaia prodotti dalle irregolarità delle superfici di rotolamento e ai fenomeni di interazione dinamica veicolo-binario.

È quest'ultima componente che determina l'impatto vibro-acustico delle ferrovie urbane che si può manifestare nei seguenti modi:

- vibrazioni; l'eccitazione dinamica dei componenti del binario induce vibrazioni nelle opere civili dell'infrastruttura nel terreno circostante, nelle fondazioni degli edifici attigui alla linea, nelle rimanenti strutture degli edifici stessi e in tutti i componenti edilizi presenti sia strutturali (travi, solai, pilastri) che non-strutturali (tamponamenti perimetrali, divisori, serramenti);
- rumore trasmesso per via solida (rumorosità re-irradiata); le vibrazioni presenti nelle pareti, nei solai e negli infissi di edifici interessati dall'infrastruttura metropolitana irradiano energia sonora nell'ambiente interno;
- rumore trasmesso per via aerea (rumorosità diretta); le rotaie e le ruote eccitate dinamicamente in prossimità dei punti di contatto ruota-rotaia irradiano energia sonora nell'ambiente circostante.

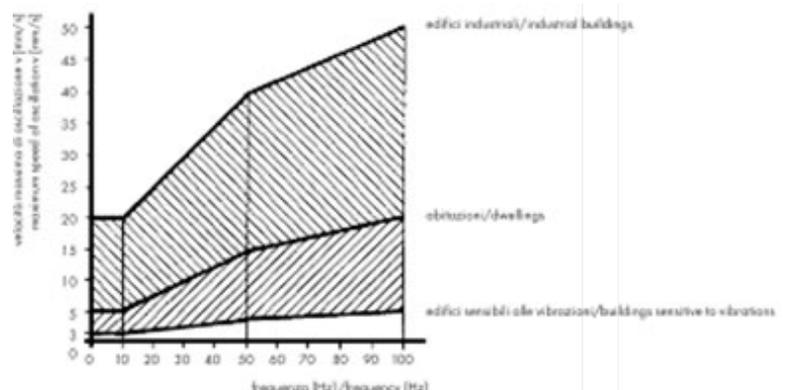
È evidente che questa ultima modalità di trasmissione del rumore è importante solo per le linee di superficie come quelle di progetto.

La definizione di valori indicativi per vibrazioni ammissibili rappresenta un problema complesso.

Nel caso di macchine e impianti si deve prendere in considerazione il processo produttivo, mentre la definizione per le persone presenta un margine di valutazione molto vasto. Le seguenti dimensioni fisiche sono determinanti per la valutazione delle oscillazioni:

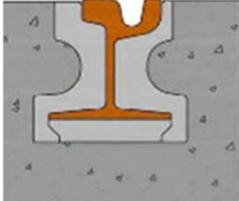
- ampiezza oscillatoria x [mm]
- velocità di oscillazione v [mm/s]
- accelerazione dell'oscillazione a [mm/s²]
- valore KB come dimensione derivata

Per macchine ed impianti vengono definite diverse classi di sensibilità. Indicazioni dettagliate in proposito sono riportate nelle norme ISO 2372/73, VDI 2056, VDI 2063, ISA 4.20. Soluzioni innovative sono state sviluppate, alcune possono considerarsi già consolidate, altre necessitano di ulteriori approfondimenti e/o perfezionamenti; in generale le soluzioni sono o di tipo attivo (operano direttamente sulle cause) o passivo (intervengono ad attenuare gli effetti).



CLASSI DI SENSIBILITÀ PER MACCHINE ED IMPIANTI / CLASSES OF SENSIBILITY FOR MACHINES AND PLANTS			
Classi di sensibilità	Sensibilità rispetto le vibrazioni armoniche	Ampiezza ammessa per le frequenze	
Classes of sensitivity	Sensitivity with respect to harmonic vibrations	Acceptable amplitudes for frequencies	
		1...10 Hz	10...100 Hz
		Accelerazione Acceleration (mm/s ²)	Velocità Speed (mm/s)
I	Sensibilità Elevata	6,3	0,1
	High Sensitivity		
II	Sensibilità Media	63	1
	Average Sensitivity		
III	Sensibilità Limitata	250	4
	Limited Sensitivity		
IV	Nessuna Sensibilità	>250	>4
	Insensitivity		

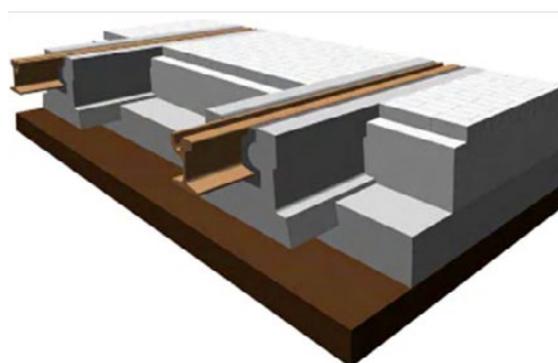
TECNICA DI ISOLAMENTO VIBRAZIONALE DELLA ROTAIA:

FASE 1	FASE 2	FASE 3
		
protezione con suola di base	avvolgimento in materiale assorbente	annegamento in piattaforma di calcestruzzo

Le soluzioni innovative sviluppate negli ultimi anni coprono una vasta panoramica:

Armamenti antivibranti isolati "a massa flottante"

La posa del binario su manufatti massivi in calcestruzzo costituisce una valida e ormai consolidata proposta innovativa per l'armamento in grado di risolvere i problemi di vibrazioni e di rumori trasmessi per via solida; infatti questa soluzione rende possibile la realizzazione di sistemi di armamento di questo tipo, nei quali sono presenti consistenti blocchi di calcestruzzo (di massa almeno pari a 2/3 mila chili per metro di binario, sino anche a valori di 8 mila chili) "sospesi" su adeguati materassini resilienti continui o su manufatti elastomerici discreti di sostegno degli stessi blocchi in calcestruzzo (prefabbricati o gettati in opera, con armatura lenta o di precompressione).



TECNICA DI ISOLAMENTO VIBRAZIONALE DELLA ROTAIA

Barriere acustiche

Sono manufatti leggeri in metallo o pesanti in calcestruzzo, riflettenti o fono- assorbenti che vengono interposti come schermo acustico tra l’infrastruttura metropolitana e l’ambiente esterno da proteggere; la loro efficacia ai rumori trasmessi per via aerea richiede spesso altezze che possono non essere compatibili con un gradevole inserimento infrastrutturale (impatto visivo). Sono allo studio soluzioni di altezza più contenuta da porre il più possibile in prossimità della sorgente compatibilmente con altre esigenze costruttive e di sicurezza.

Inserimento di superfici fono-assorbente

Questa soluzione - di tipo passivo - viene suggerita dall’osservazione che le superfici in calcestruzzo sono - dal punto di vista acustico - caratterizzate da una elevata riflessione ossia l’onda acustica incidente viene quasi completamente riflessa con scarso assorbimento acustico.

Interventi sull’organo di attacco del binario. Le caratteristiche meccaniche dell’organo di attacco delle rotaie sono determinanti per quanto riguarda le caratteristiche di elasticità, dissipazione e lunghezze di fono-irraggiamento del binario che hanno certamente ricadute di tipo attivo in quanto influiscono sui meccanismi connessi con l’emissione del rumore.

Interventi sulle rotaie. Sono interventi di tipo misto (di natura sia passiva che attiva) per i quali è previsto il rivestimento (con manufatti e/o prodotti di tipo elastomerico) delle superfici della rotaia messe in vibrazione per i fenomeni di rotolamento della ruota sulla rotaia; questi interventi di rivestimento della rotaia sono potenzialmente capaci di influire sull’emissione acustica in relazione a differenti aspetti: riduzione - per rapido smorzamento delle oscillazioni - dell’entità sia delle superfici interessate dalle vibrazioni, sia dei livelli vibrazionali; intervento sul coefficiente di irraggiamento della rotaia ossia del parametro che esprime la capacità della superficie in vibrazione di trasmettere le oscillazioni all’aria immediatamente circostante; tale parametro - elevato per le superfici metalliche - può essere più contenuto per superfici trattate con prodotti/materiali denominati impropriamente antirombo.

Sistemi di monitoraggio

Il mantenimento della geometria del binario e il controllo dell’usura delle superfici di rotolamento (marezzature del binario e spianature delle ruote) sono di estrema importanza per contenere in modo attivo il disturbo vibro-acustico. Il monitoraggio continuo delle tranvie consente di attivare per tempo ed in modo mirato gli interventi manutentivi sul binario (riallineamenti e molature) e sui veicoli (torniture dei cerchioni e eliminazione di mal funzionamenti). Modalità integrate di monitoraggio prevedono sia il controllo di tutte le vetture attraverso l’allestimento di almeno un sistema a terra in grado di riconoscere automaticamente i veicoli in transito, sia l’esame di tutto il tracciato mediante una strumentazione installata su una vettura in grado di rilevare in marcia la posizione lungo il tracciato.

Sistema di lubrificazione delle rotaie tranviarie

Il sistema è costituito da un impianto di lubrificazione delle rotaie, il quale posato in prossimità di curve di raggio ridotto permette l’ingrassaggio e lubrificazione delle rotaie con appositi grassi lubrificanti ecologici e non inquinanti.

Questo sistema permette mediante la lubrificazione delle rotaie di ridurre il rumore e l’usura provocato dallo strisciamento delle ruote con le rotaie al passaggio del convoglio.

ACCESSIBILITÀ

L'infrastruttura prevista sarà realizzata per la maggior parte della sua estensione, in sede non protetta. Tale soluzione, sebbene diminuisca la velocità commerciale dei convogli, permette di massimizzare la permeabilità dei tracciati e di eliminare le barriere architettoniche che oggi caratterizzano la rete costruita. Per garantire la sicurezza del sistema è stato predisposto un apposito sistema di avviso e segnalamento

SISTEMA DI AVVISO E SEGNALAMENTO

Il sistema di avviso e segnalamento consisterà in una illuminazione longitudinale realizzata con diversi punti luci a LED integrati nei cordoli e/o barriere basse che sono poste a delimitazione longitudinale della sede tranviaria. Questi punti luci saranno posati in quelle zone dove la sede tranviaria può essere interessata da attraversamenti pedonali o invasioni della sede tranviaria da parte di persone o veicoli.

Questo sistema non vuole sostituire gli attraversamenti pedonali che sono e resteranno regolarizzati dagli appositi semafori stradali / pedonali nel rispetto del codice della strada ma, viceversa, entrare a far parte del sistema cognitivo dei cittadini per gestire la convivenza tra il traffico tranviario e pedonale.

Il sistema di avviso e segnalazione sarà, infatti, una protezione aggiuntiva che fornisce un avviso di sicurezza luminoso preannunciando l'arrivo di un tram lungo il tracciato.

Il sistema prevede l'illuminazione di una luce di colore Arancione / Rosso che si accende all'approssimarsi del tram al tratto interessato, in questo modo si fornisce un avviso e segnale locale alle persone o veicoli che sono prossime alla sede tranviaria.

La segnalazione luminosa si accenderà prima dell'arrivo del tram e si spengerà dopo il suo passaggio, questo per limitare i consumi e l'inquinamento luminoso.

Il sistema di avviso e segnalazione sfrutterà le boe o TAG presenti lungo il tracciato che sono al servizio anche dei sistemi di segnalamento del tram.

I punti luci a LED posati lungo i cordoli o barriere basse saranno alimentati dal quadro elettrico della più vicina fermata, e la centralina di on / off sarà commessa al sistema di segnalamento del tram da cui riceverà il segnale che attiverà i punti luci a LED.



ESEMPIO DI SEGNALAMENTO LUMINOSO LUNGO SEDE TRANVIARIA

GESTIONE

SISTEMA DI CONTROLLO CENTRALIZZATO

Il sistema di controllo centralizzato della rete tranviaria ha lo scopo di effettuare una analisi dettagliata di ciascun incrocio presente lungo il percorso, della localizzazione dei tram in linea, il distanziamento dei tram lungo linea e in entrata nel deposito per il sistema di trasporto della Città di Palermo. Il tutto rivolto ad ottenere una maggiore regolarità di esercizio e predisporre gli incroci tranviari / veicolari / pedonali in modo che il tram abbia la priorità semaforica al passaggio degli incroci tranviari rispetto alla viabilità ordinaria.

Il sistema di controllo centralizzato della rete tranviaria prevede di impiegare dei TAG RFID passivi con la funzione di attivare le interazioni che il sistema di bordo del tram per eseguire tutte quelle predisposizioni con gli apparati di terra quando il tram si avvicina ad in una zona “critica” come un incrocio tranviario.

Il sistema sfrutterà un sistema Wi-Fi per inviare il comando / messaggio appropriato al Gateway tramite delle antenne predisposte lungo il tracciato.

Successivamente il Gateway invia il comando / messaggio al consumatore “finale” del messaggio (interblocco, regolatore delle luci di traffico, PCC). Questo sistema, privo di sensori e di cavi lungo la linea, è sostanzialmente privo di manutenzione (ART. 18 LETTERA A) SUB CRITERIO 1)

CONTROLLO CENTRALIZZATO DELLA SEMAFORIZZAZIONE

Il sistema di controllo centralizzato avrà il compito di realizzare un coordinamento funzionale nella regolazione di tutte le intersezioni / incroci stradali .

Questo sistema effettuerà una gestione centralizzata di tutti i parametri di regolazione semaforica, raccolta di dati di traffico da eventuali sensori installati sulla sede stradale, la gestione centralizzata per la visualizzazione e l’archiviazione degli eventi e allarmi degli apparati installati.

Il sistema prevede con sufficiente anticipo l’arrivo del tram sull’incrocio, grazie al sistema di localizzazione di tutta la flotta dei veicoli ed è in grado di gestire la strategia di esercizio da adottare anche in base all’orario di servizio in vigore.

In particolare saranno gestiti dal sistema di controllo centralizzato i seguenti argomenti:

1. Inquadramento generale dell’incrocio;
2. Gestione della priorità tranviaria in modalità “normale” (UTC attivo);
3. Gestione della priorità tranviaria in modalità “degradato” (UTC non attivo);
4. Analisi dei tempi delle fasi veicolari;
5. Analisi dei tempi delle fasi tranviarie.

Il Sistema UTC (Urban Traffic Control) tramvia è un sistema di supervisione e controllo degli incroci stradali / pedonali intersecati dalla linea tranviaria.

Il Sistema UTC tramvia è costituito da una struttura gerarchica ad intelligenza distribuita con un livello centrale e un livello periferico:

- a livello centrale viene gestito il coordinamento tra le strategie di controllo del traffico per i vari settori di rete.
- a livello periferico (incrocio stradale) viene effettuato il controllo della singola intersezione in base alle condizioni effettive del traffico privato e alle richieste di priorità per i mezzi pubblici (tram).

LOCALIZZAZIONE DELLA FLOTTA

Un requisito fondamentale per la supervisione della flotta tranviaria è rappresentato dalla possibilità di visualizzare al PCC, sull'interfaccia operatore delle postazioni interessate, la posizione dei convogli tranviari, sia in linea in modo continuo che nei tratti di accesso al deposito, queste per garantire i requisiti prestazionali di sistema ed assicurare i transiti in sicurezza nei tratti singolari di linea quali:

- zone di manovra: capolinea o bivi;
- intersezioni con viabilità ordinaria (incroci stradali, pedonali);
- intersezioni fra le linee tranviarie;
- ingresso al deposito.

Il Sistema di localizzazione sarà di ausilio al Sistema tranviario e permetterà di conoscere la localizzazione dei vari tram presenti in linea e in deposito.

Il PCC è in grado di supervisionare il regolare svolgimento dell'esercizio sulle linee, intervenendo mediante l'invio di messaggi mirati o generalizzati, tendenti a riportare alla normalità eventuali situazioni anomale.

La localizzazione al centro è resa continua grazie al dato di localizzazione trasmesso al PCC grazie al sistema bordo / terra.

Il sistema di Segnalamento deve altresì svolgere funzioni di regolazione del traffico tranviario pertanto al Posto Centrale sono previste le seguenti funzioni:

- azioni di controllo della marcia di ogni tram mediante confronto tra la tabella oraria teorica e i dati desunti dall'effettiva percorrenza della linea (anticipo/ritardo);
- regolazioni d'orario (in condizioni di normale esercizio, per minimizzare lo scostamento dalle tabelle orarie teoriche);
- regolazioni di intervallo orario (in condizioni perturbate, per garantire il mantenimento della distanza temporale tra veicoli consecutivi);
- regolazioni al capolinea;
- gestione delle corse per “veicoli non inizializzati (fuori servizio)”.

DISTANZIAMENTO TRANVIARIO

Il Sistema di segnalamento tramite i dispositivi di bordo / terra permette di effettuare un controllo sul distanziamento dei tram che sarà regolato sulla base della tabella oraria e sarà supervisionato dal Posto centrale PCC con il supporto di un sistema informatico di ausilio dell'esercizio. Questo sistema, privo di sensori e di cavi lungo la linea, è sostanzialmente privo di manutenzione (ART. 18 LETTERA A) SUB CRITERIO 1)

GESTIONE COMANDO SCAMBI

Il Sistema di Gestione Comando Scambi tranviari sarà di ausilio al Sistema tranviario e sarà interfacciato direttamente con il sistema di segnalamento e con il sistema di localizzazione e distanziamento dei tram.

Tutte le funzionalità del Sistema sono in costante collegamento con il Posto Centrale di Controllo (PCC) contribuendo così a garantire un regime di circolazione sicuro producendo informazioni indispensabili alla regolazione del distanziamento tra treni, e della loro Localizzazione per comandare dal PCC in sicurezza la manovra dei deviatori, e in questo modo predisporre i corretti itinerari da far percorrere ai tram.

Il Sistema di Gestione Comando Scambi tranviari permette il controllo e comando delle casse di manovre per gli scambi presenti lungo linea e di accesso al deposito / capilinea, permettendo un comando e controllo degli scambi da remoto e degli instradamenti dei tram migliorando e rendendo più regolare l'esercizio tranviario.

SISTEMA DI DIAGNOSTICA DEGLI APPARATI LUNGO LINEA (SCADA DI LINEA)

Il progetto prevede di realizzare un sistema di supervisione SCADA che permette di gestire e monitorare l'andamento degli impianti elettrici di linea presenti nelle fermate tranviarie e relativo alle utenze di linea che fanno capo al armadio di fermata.

Il sistema SCADA di linea permette all'operatore del posto centrale di controllare e verificare attraverso i diversi sinottici presenti nei dispositivi hardware della postazione lo stato di funzionamento degli impianti e delle singole utenze (es. stato di apertura/chiusura interruttori, sezionatori, ecc), comandare l'apertura e chiusura di alcuni di essi e controllare gli allarmi presenti (ad esempio magnetotermici) scattati nell'impianto.

MATERIALE ROTABILE

SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

La scelta relativa al materiale rotabile è stata orientata dalla ricerca della massima salvaguardia e tutela dell'ambiente nonché della migliore compatibilità urbanistica e paesaggistica. Le attuali tendenze tecniche, hanno identificato nell'utilizzo di rotabili senza utilizzo di catenaria (CFO) e con trazione a batteria la soluzione più efficiente ed oggi anche ambientalmente ed economicamente più sostenibile. La proposta pertanto prevede di equipaggiare i nuovi veicoli con batterie e supercapacitori, con tecnologia allo stato dell'arte, e di sfruttare in tal modo la migliore tecnologia disponibile attualmente sul mercato. Inoltre, al fine di permettere una totale interoperabilità con le linee esistenti, le nuove vetture saranno comunque dotate di pantografo per la gestione manutentiva delle flotte in modo da sfruttare le sinergie attuabili con flotta e strutture già esistenti.

La totale assenza di strutture sopraelevate fanno della soluzione proposta la scelta più indicata ai fini dell'impatto urbanistico pressoché nullo, seppur a fronte di un maggior costo realizzativo del rotabile che deve essere dotato di un sistema aggiuntivo rispetto al pantografo per la captazione della energia.

Il veicolo prescelto è inoltre dotato di un sistema di accessori e dispositivi che consentono una notevole riduzione dei consumi e, conseguentemente delle immissioni.



Si evidenzia, inoltre, che grazie al continuo sviluppo tecnologico delle batterie e dei sistemi di ricarica e gestione dei consumi, è previsto per il progetto di Palermo una configurazione che garantisce prestazioni ed affidabilità superiori anche per gli anni futuri. La soluzione prevista per il Tram di Palermo è essenzialmente basata sulla ricarica delle batterie nei depositi notturni, in gran parte alimentati da energia solare, supportata da ricariche di mantenimento su punti di carica durante il servizio posizionati in opportune zone ove la disponibilità della rete risulti adeguata minimizzando l'impatto economico e ambientale per la realizzazione delle stesse (capolinea ottimale).

RUMORE E VIBRAZIONI

Per diminuire l'inquinamento acustico prodotto dalla messa in esercizio del sistema tranviario, come precedentemente esposto, sono state disposte soluzioni e tecnologie a livello infrastrutturale, tuttavia è possibile intervenire anche sul materiale rotabile, diversi studi infatti sono in atto, per introdurre sistemi di mitigazione sia di tipo attivo che passivo sul materiale rotabile. I primi prevedono di valutare la possibilità di variare i valori delle frequenze proprie della ruota le cui superfici irradiano la componente maggiore di energia acustica rispetto alla binario; i secondi prevedono lo studio e la messa a punto di particolari minigonne in grado di funzionare come schermo acustico in movimento con la stessa sorgente. Accorgimenti sui sistemi di motorizzazione dei carrelli delle vetture motrici sono stati adottati per ridurre i fenomeni di strisciamento in curva delle ruote; in tal senso si ricorda che i veicoli ferroviari non sono di norma attrezzati con differenziali in quanto in curva interviene la conicità delle superfici di contatto delle ruote e del binario.

ACCESSIBILITA' E COMFORT

Benessere degli utenti e comfort

Il rotabile avrà il piano 100% ribassato con facilità di incarozzamento disabili e conformazione carrelli che permettono un utilizzo delle volumetrie interne ottimizzato con incremento dei posti a sedere e ampliamento delle zone di transito in funzione delle configurazioni scelte.

Il sistema di condizionamento permette, nelle diverse configurazioni disponibili, un elevato ricambio di aria anche in presenza di situazioni climatiche estreme.

Il carrello ad assili di tipo ferroviario con riduzione delle masse sospese abbinato al nuovo sistema di sospensioni consente un confort di viaggio elevatissimo sia in termini dinamici che in termini di silenziosità.

In particolare il carrello a “sala montata” tipico delle vetture ferroviarie ha dimostrato la sua superiorità tecnologica anche nelle applicazioni tranviarie caratterizzate da inferiori velocità di esercizio. Infatti l'aspetto negativo dell'assenza di differenziale, caratteristico delle sale montate, è largamente compensato dall'aumento di confort a bordo nella marcia normale e soprattutto negli inserimenti in curva e sui deviatori. Le ruote indipendenti, alternativa alla tecnologia prescelta, oltre un maggior costo di manutenzione induce nella vettura durante la marcia e negli inserimenti in curva e sui deviatori, movimenti caratteristici di rollio e beccheggio che riducono considerevolmente il comfort del passeggero.

Il comfort dell'operatore è garantito da un nuovo ed ergonomico banco di manovra con display touch screen intuitivi e ergonomici a favore della massima sicurezza di esercizio.

Qualità dell'aria, luce e suono

Il veicolo proposto è stato progettato con l'obiettivo specifico di garantire ai fruitori il massimo livello di comfort e sicurezza. L'analisi delle esperienze di viaggio fornite dagli utenti abituali e delle tecnologie più all'avanguardia presenti sul mercato ha permesso di definire le strategie da applicare in relazione alla sicurezza, al comfort termico e visivo e al comfort di marcia.

Il sistema di climatizzazione e riciclo dell'aria previsto è stato già collaudato nella città di Gold Coast, con ottime performance (completo ricircolo dell'aria in meno di 1 minuto, anche in condizioni climatiche estreme) e garantirà la manutenzione di temperature costanti all'interno della cabina senza generare correnti fastidiose d'aria diretta, nel rispetto della norma UNI EN 14750-1. Inoltre il sistema di recupero del 75% dell'aria raffreddata permetterà di minimizzare i consumi energetici e le emissioni di CO₂.

L'illuminazione, realizzata con tecnologia LED, sarà del tipo e emissione indiretta e garantirà una luminosità interna media di 350 ±50 lux, in ottemperanza di quanto previsto dalla norma UNI EN 13272:2003.

Le superfici avranno inoltre un coefficiente di riflessione tale da evitare l'abbagliamento.

Particolare attenzione è stata posta, inoltre, al prevenire e controllare le emissioni acustiche del veicolo in tutte le condizioni di esercizio con particolare attenzione alle sorgenti interne (impianto di condizionamento, impianto di ricircolo dell'aria, apertura/chiusura porte), all'interazione ruota/rotaia e al rumore aerodinamico. Il rotabile sarà progettato adoperando soluzioni tali affinché la rumorosità all'interno del comparto non superi mai i 75 Db.

Sicurezza

Le soluzioni adottate per garantire la sicurezza del sistema includono tanto i sistemi di prevenzione, attraverso un'accurata e precisa informazione dell'utenza quanto l'adozione di sistemi attivi e passivi per garantire l'incolumità degli utenti e dei soggetti terzi. Le porte sono dotate di un sistema di controllo centralizzato che ne assicura la perfetta chiusura durante la marcia e di un sistema di apertura manuale anti-imprigionamento in caso di guasto alla centralina. All'interno del veicolo sono presenti pulsantiere SOS dotate di interfono, tutti i materiali utilizzati sono ignifughi e all'interno del veicolo sono presenti estintori. Il design del materiale rotabile è caratterizzato dall'assenza di elementi sporgenti e spigoli vivi e dalla massimizzazione della larghezza del corridoio, nonché da un'accurata scelta dei materiali, atossici e di origine naturale. I veicoli e le fermate sono dotati di sistema di videosorveglianza e di dispositivi acustici e luminosi atti a segnalare le situazioni di pericolo. Il veicolo è inoltre dotato di airbag esterni, i quali, in caso di incidente, riducono l'urto trasmesso a veicoli terzi.

MANUTENIBILITÀ

Il rotabile sfrutta tutte le esperienze sviluppate per il miglioramento della manutenzione, particolare attenzione è prevista già in fase di design, non solo ai parametri di performance intrinseca del rotabile ma anche a tutti gli aspetti che contribuiscono a velocizzare le attività necessarie alla messa in servizio giornaliero del rotabile:

Il tram avrà un design e materiali per la realizzazione degli interiors orientata alla massima resistenza e facilità di pulizia.

Il rotabile prevede dei test di autodiagnosi e check veicolo per la preparazione giornaliera del veicolo al servizio con riduzione dei tempi e degli errori umani nonché generazione automatica di reportistica adeguata.

Facilità di accesso a tutti i componenti soggetti a sostituzione sia in caso di manutenzione programmata che di attività manutentiva a seguito di guasto/incidente/atti vandalici.

Per quanto attiene la riduzione dei costi di manutenzione (ART. 18 LETTERA A) SUB CRITERIO 1), facendo riferimento al piano di manutenzione allegato alla relazione **EE.3 “Piano economico e finanziario di massima”** sono riconducibili:

- diversa configurazione dei carrelli. I carrelli portanti e di trazione rappresentano una importante innovazione

della tecnica tranviaria giacché sono stati totalmente ridisegnati migliorando l'accessibilità ai principali organi che sono posti allo esterno del carrello immediatamente accessibili non appena rimosse le gonne laterali;

- diversa configurazione della sospensione secondaria. Altra importante innovazione riguarda la sospensione secondaria che sui carrelli di nuova generazione è pneumatica.

L'introduzione di questo tipo di carrello comporta l'eliminazione delle manutenzioni di seguito riportate:

CAPITOLO/ PARAGRAFO	GRUPPO DI ASSEMBLAGGIO/ OPERAZIONE(I) DI MANUTENZIONE	INTERVALLO STRAORDINARIO	OGNI 20.000 KM (OGNI 4 MESI)	OGNI 120.000 KM (2 ANNI)	OGNI 360.000 KM (6 ANNI)	OGNI 480.000 KM (8 ANNI)	OGNI 600.000 KM (10 ANNI)	OGNI 900.000 KM (15 ANNI)	OSSERVAZIONI
5.4	Sospensione secondaria								
5.4.5.1	Esame visivo dell'ammortizzatore verticale		X						
5.4.5.2	Esame visivo delle molle ad elica		X						
5.4.5.3	Posizionamento di dischi di compensazione in corrispondenza della sospensione secondaria	X							In seguito a ogni seconda riprofilatura dei cerchioni
5.4.5.4	Sostituzione dell'ammortizzatore verticale e delle guide della molla					x			
5.4.5.5	Verifica delle curve caratteristiche delle molle ad elica					x			

- circuito di raffreddamento. I motori di nuova generazione sono raffreddati a fluido con un aumento dell'efficienza indispensabile per contenere i consumi elettrici e, conseguentemente, i carichi sulle batterie.
- Questo comporta l'eliminazione delle manutenzioni di seguito riportate:

CAPITOLO/ PARAGRAFO	GRUPPO DI ASSEMBLAGGIO/ OPERAZIONE(I) DI MANUTENZIONE	INTERVALLO STRAORDINARIO	OGNI 10.000 KM (OGNI 2 MESI)	OGNI 60.000 KM (2 ANNI)	OGNI 360.000 KM (6 ANNI)	OGNI 480.000 KM (8 ANNI)	OGNI 600.000 KM (10 ANNI)	OGNI 900.000 KM (15 ANNI)	OSSERVAZIONI
7.10	Motore di trazione								
7.10.10.1	Esame visivo delle aperture per l'entrata/uscita dell'aria		X						
7.10.10.2	Pulizia dei canali di ventilazione			X					

Inoltre l'eliminazione della linea di contatto determina una riduzione della manutenzione di tutto il sistema di TE che resta limitato alle sole Sotto Stazioni Elettriche.

Ulteriori significative economie saranno correlata al nuovo sistema di sicurezza e segnalamento proposto che è del tutto privo di parti attive e di collegamenti fisici in campo.

I dati ad oggi disponibili evidenziano come un sistema con trazione a batterie, grazie al continuo sviluppo tecnologico ha oramai raggiunto un costo paragonabile a quello delle linee tradizionali con catenaria, pur beneficiando nel lungo termine di ridottissimi costi manutentivi.

SOSTITUZIONE COMPONENTI NELL'OTTICA CICLO DI VITA

Il rotabile utilizza per l'approccio manutentivo di un sistema “on condition” (CBM) che permette, grazie al continuo monitoraggio e diagnosi in remoto delle performance dei componenti, una forte riduzione dei tempi per le attività manutentive perché realizzate solo quando effettivamente necessarie ovvero in base alla vita residua del componente.

FERMATA ARCHITETTONICA CON TECNOLOGICA INTEGRATA

Il progetto prevede di realizzare per la Tranvia Città di Palermo una fermata viaggiatori con una valenza architettonica di inserimento nel contesto urbano e al tempo stesso con soluzioni innovative per accogliere i passeggeri in attesa del tram

Le fermate sono state progettate in modo da risultare pienamente fruibili in ognuna delle loro configurazioni, sono pertanto dotate di rampe pedonali di approccio alla piattaforma di fermata con pendenza inferiore al 5%, percorsi LOGES di accesso alla fermata e avvicinamento alla vettura, segnalatori acustici e luminosi attivati da sensori di prossimità disposti per fornire tutte le informazioni di viaggio necessaria e segnalare le situazioni di pericolo. Sono inoltre state adottate specifiche strategie per agevolare la fruizione del sistema, i testi presentati tramite monitor e pannelli infografici avranno un carattere tipografico ad alta leggibilità e con un dimensione adeguata alla distanza di visualizzazione, le fermate saranno dotate di sedute ischiatiche, le macchine emittitrici saranno dotate di istruzioni in braille controllo vocale in almeno due lingue, le nozioni per la sicurezza dell'infrastruttura saranno proposte con format differenti e specifici per ogni categoria di utenza.

I Principali impianti tecnologici integrati nella pensilina sono:

- emissione di biglietti tramite wi-fi con app dedicata;
- sistema di avviso e informazione al pubblico;
- videosorveglianza

EMISSIONE DI BIGLIETTI TRAMITE WI-FI CON APP DEDICATA

Per eliminare le macchine di emissione biglietti cartacei in fermata il progetto prevede di impiegare tramite connessione wi-fi apposite app che permettono di acquistare il biglietto elettronico con la app scaricata sullo smartphone del viaggiatore. Al tempo stesso sarà possibile acquistare i biglietti tramite invio di SMS

L'emissione di biglietti tramite app dedicata permette di ridurre i costi del biglietto cartaceo ed riduce / evita i possibili danni vandalici / furti alle emittitrici di biglietti normalmente in uso e riduce i costi di manutenzione (ART. 18 LETTERA A) SUB CRITERIO 1)

La app sarà scaricabile gratuitamente da parte dei viaggiatori che provvederanno al pagamento del biglietto tramite il proprio operatore telefonico.

Per l'emissione dei biglietti l'app da sviluppare avrà le seguenti caratteristiche:

- plurilingue;
- multiplatforma (Android + iOS),
- integrata con un sito web;
- interfaccia personalizzata, con un sistema di login tramite social network oppure e-mail e con la possibilità per gli utenti di registrarsi e memorizzare i propri dati;
- semplicità di utilizzo con indicazioni intuitive;
- grafica e icone da valutare con l'utente.

SISTEMA DI AVVISO E INFORMAZIONE AL PUBBLICO

Il sistema di avviso e informazioni al pubblico ha lo scopo attraverso la rete di trasmissione dati di inviare messaggi alle fermate, riguardo il tempo di attesa, eventuali ritardi e altri tipi di informazioni di pubblica utilità come strade bloccate, blocchi del traffico, ecc. In questo modo il sistema di informazione al pubblico diventa uno strumento di informazioni su tutta la viabilità urbana e di sicurezza della circolazione.

Tali sistemi vengono utilizzate per fornire agli utenti in attesa alle fermate informazioni riguardanti i numeri di linea e la destinazione degli autobus, le prossime partenze / passaggi dei tram, i minuti mancanti al loro arrivo, messaggi di servizio e messaggi pubblicitari, riducendo fortemente il senso di ansia o di impazienza che caratterizza normalmente l'attesa.

SISTEMA DI INFORMAZIONI AGGIUNTIVE AL PUBBLICO / VIAGGIATORI

Il sistema di informazioni aggiuntive al pubblico / viaggiatori potrà essere integrato con l'app dedicata alla emissione dei biglietti che in aggiunta alla vendita del biglietto potrà fornire informazioni di carattere turistico alle persone che sono in fermata in attesa dei tram.

Le informazioni turistiche potranno riguardare informazioni specifiche nei pressi della fermata, o della città in generale / eventi ecc... e potranno essere scaricate sullo smartphone del viaggiatore.

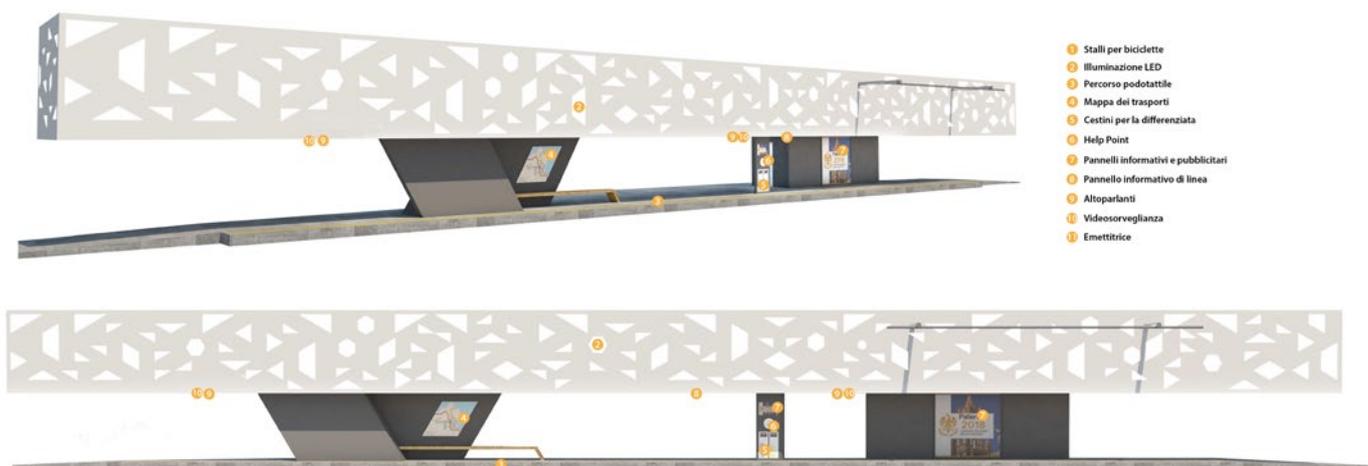
SISTEMA DI VIDEOSORVEGLIANZA

Il sistema di videosorveglianza, costituito da 2 telecamere a circuito chiuso (TVCC), migliora le condizioni di sicurezza permettendo un servizio al cittadino / passeggero per la sicurezza personale e del servizio tranviario stesso.

Il progetto prevede di installare in ogni fermata un sistema di videosorveglianza integrato nella struttura della pensilina con lo scopo di mitigare l'impatto ambientale eliminando eventuali paline esterne alla pensilina che possono risultare di ingombro ai passeggeri. Inoltre l'integrazione delle telecamere nella pensilina salvaguarda maggiormente le telecamere da azioni vandaliche e di danneggiamento riducendo i costi di manutenzione (ART. 18 LETTERA A) SUB CRITERIO 1).

HELP POINT

Nella pensilina di fermata è prevista l'installazione, presso ogni fermata di un punto di Help Point per chiamate di emergenze e SOS.



ELEMENTI TECNOLOGICI DELLE FERMATE

OPERE D'ARTE

PONTE SUL FIUME ORETO – TRATTA D

Sostenibilità ambientale

Come si mostra nel documento R8, i due cantieri per la realizzazione del ponte sul fiume Oreto sono localizzati nella zona spondale, e perciò non interferiranno con l'ecosistema della valle dell'Oreto. In esercizio, l'interferenza sarà praticamente nulla.

Tutte le acque piovane e dispersioni liquide sull'impalcato sono canalizzate alle spalle e depurate (disoleate) prima di essere immerse nelle fognature.

Si è previsto un parapetto vetrato, per proteggere pedoni e ciclisti da possibili forti venti. Su questo parapetto è prevista una serigrafia a tessitura fitta in basso, per evitare alle persone una sensazione di vertigine. La tessitura è invece rada in sommità, per consentire la visione del panorama, ma anche per evitare l'urto degli uccelli su vetro trasparente. Nelle zone libere del marciapiede sono previsti vasi-vasche, con essenze vegetali coerenti con quelle della valle.

Ciclo di vita e durabilità

Per quanto riguarda la “vita utile” delle strutture, tutto il progetto è redatto con riferimento ad una “vita nominale” maggiore di 100 anni, come previsto dalla Normativa NTC per tipo di costruzione n°1 (grandi opere, ponti, ...). Si considereranno in particolare i limiti di fatica dei materiali e la resistenza agli agenti atmosferici.

In particolare poi:

- a) - Tutte le strutture metalliche saranno sottoposte a cicli di sabbiatura, zincatura (a caldo o con vernici zincanti) verniciatura a polvere, ripasso di verniciatura in opera. Tutte le strutture metalliche saranno collegate elettrostaticamente tra loro e alle armature del c.a. (per punti). Questa rete verrà collegata ad un'unica centralina di protezione galvanica, con dispersori finali a terra.
- b) - Tutte le strutture in c.a. saranno di classe C32/40, esposizione XC4, consistenza S4. Le strutture della soletta saranno protette (superiormente) da impermeabilizzazione e (inferiormente) da lamiera grecata zincata. Nel calcolo strutturale si limiteranno le aperture delle fessure (sotto carichi quasi permanenti) nei limiti previsti per le atmosfere marine.
- c) - Le strutture del tubo dell'arco saranno prefabbricate in segmenti, con flange intere alle loro estremità in modo da poter rendere stagno ciascun segmento. Verrà immessa aria con grado di umidità inferiore al 50% e quindi verrà sigillato ogni segmento.

Manutenzione

Tutte le strutture metalliche sono accessibili e visibili dall'esterno e dall'interno tramite passi d'uomo di accesso alle travi a cassone. I cassoni saranno dotati da fori per lo scarico dell'acqua di condensa interna.

Si prevedranno interventi localizzati di riverniciature sulle strutture metalliche (ogni 5 anni circa) e un ciclo completo ogni 25-30 anni. Nella versione attuale, non si prevede manutenzione degli appoggi che sono comunque ispezionabili. La manutenzione riguarderà solo i giunti stradali di spalle. Si prevede una manutenzione della centralina di protezione galvanica.

Per il resto le opere di manutenzione sono quelle tipiche delle strade urbane: asfalti, tombini, illuminazione, piccole piante verdi, segnaletica, etc.

Funzionalità

Il traffico veicolare e tranviario previsto nel progetto del ponte sull'Oreto è quello delle specifiche di progetto: due carreggiate a doppia corsia e una zona centrale per i binari della tramvia, separata dalle strade tramite basse transenne. Le dimensioni delle carreggiate sono quelle di norma per strade urbane di grande scorrimento.

Le strade sono bordate da guardiavia verso le zone ciclopedonali laterali. In queste ultime il nostro progetto prevede di collocare anche le strutture in elevazione degli archi.

La normativa attuale stabilisce che si disponga a tergo della barriera uno spazio privo di ostacoli fissi, corrispondente allo spostamento della barriera per “l’incidente più probabile”. In sede di studio di fattibilità abbiamo perciò elaborato, per le zone laterali dell’impalcato, due soluzioni corrispondenti a due livelli di incidente.

SOLUZIONE 1.

Si prevede un impatto di un veicolo di massa 900 kg a velocità di 50 km/h. Nelle omologazioni di guardrail commerciali questo impatto sposta di circa 50 cm la sommità della barriera (che non si sradica).

In questa ipotesi possiamo porre le strutture dell’arco verso la strada, su una striscia di impalcato a loro riservata, mentre la pista mista ciclo-pedonale, è posta adiacente verso l’esterno.

SOLUZIONE 2.

Si prevede un impatto di veicolo di massa 13 ton a velocità di 100 km/h. Nelle omologazioni disponibili questo sposta la sommità della barriera di circa 130 cm. In questa ipotesi possiamo collocare la pista ciclabile unidirezionale (larga 1.50 m) a lato della barriera. Ad essa è adiacente un marciapiede pedonale largo 2.56 m (con restringimenti puntuali comunque larghi 1.20 m). Su di esso è ricavato l’ingombro delle strutture in elevazione dell’arco.

Per ambedue le soluzioni le strutture sono dimensionate (in favore di sicurezza) per resistere agli urti definiti dalle NTC, che non tengono conto delle attenuazioni indotte dalle barriere.

Si noti che le due soluzioni sono equivalenti dal punto di vista statico, costruttivo, economico ed estetico. Esse andranno scelte in sede di Progetto Definitivo, in modo omogeneo con gli standard di incidente previsti per il resto della tramvia.

Negli elaborati di progetto qui allegati, si illustra in dettaglio la Soluzione 1, perché la riteniamo più consona alle ipotesi del traffico urbano. Inoltre (aspetto più importante) protegge di più ciclisti e pedoni.

IMPIANTI

DEPOSITO

La progettazione del deposito si è focalizzata sull’ottimizzazione della sostenibilità dell’utilizzo delle risorse energetiche e naturali, nonché nel miglioramento dei sistemi passivi per il mantenimento delle condizioni termigrometriche ottimali all’interno delle aree.

Dal punto di vista delle soluzioni passive sui componenti edilizi, l’impostazione del progetto è stata differenziata tra le zone “climatizzate”, tipo gli uffici, da quelle “non climatizzate”, ma comunque utilizzate da personale dipendente, tipo la zona di deposito e manutenzione carrozze.

Considerate le condizioni climatiche medie di Palermo, nel primo caso l’attenzione è stata posta nell’individuazione di soluzioni stratigrafiche volte ad ottimizzare l’inerzia termica dell’edificio.

Il valore dell’inerzia termica determina in maniera decisiva il ritardo temporale, più o meno accentuato, con il quale si registrano le variazioni di temperatura all’interno di determinati ambienti; maggiore è il valore dell’inerzia termica e maggiore sarà anche il tempo impiegato dall’onda termica per fluire dall’interno all’esterno, e viceversa, attraverso una struttura edile.

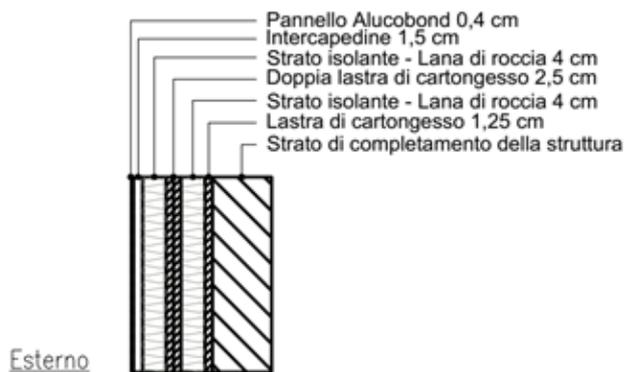
Nello specifico, per le pareti perimetrali, è stato considerato un pacchetto specifico ad alta densità con doppio strato di lana di roccia all’intradosso del pannello di rivestimento in Alucobond.

Per quanto riguarda invece la copertura dell’edificio, l’elemento “massivo” del pacchetto costruttivo che determina un congruo valore di inerzia termica è rappresentato, non dal materiale isolante, ma dal substrato culturale in terra nel quale la vegetazione esterna affonda le proprie radici. Alla luce di ciò per la scelta del materiale isolante da utilizzare per la coibentazione della copertura verrà privilegiato il valore di trasmittanza termica in luogo alla massa volumica.

TIPOLOGICO STRATIGRAFIA PARETI PERIMETRALI

Nello specifico, per le pareti perimetrali, è stato considerato un pacchetto specifico ad alta densità con doppio strato di lana di roccia all'intradosso del pannello di rivestimento in Alucobond.

Per quanto riguarda invece la copertura dell'edificio, l'elemento "massivo" del pacchetto costruttivo che determina un congruo valore di inerzia termica è rappresentato, non dal materiale isolante, ma dal substrato colturale in terra nel quale la vegetazione esterna affonda le proprie radici. Alla luce di ciò per la scelta del materiale isolante da utilizzare per la coibentazione della copertura verrà privilegiato il valore di trasmittanza termica in luogo alla massa volumica.



TIPOLOGICO STRATIGRAFIA COPERTURA

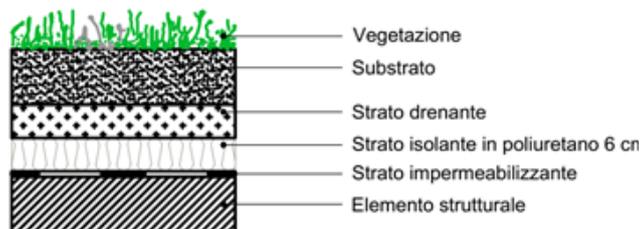
La copertura del deposito è costituita da shed; tale configurazione, oltre a consentire di posizionare in maniera architettonicamente integrata i moduli fotovoltaici, consente anche la disposizione in copertura di aperture finestrate. Tali aperture hanno una duplice funzione: in primo luogo consentono, essendo orientate prevalentemente a nord di ottenere una luce naturale diffusa all'interno degli ambienti, consentendo lo svolgimento della maggior parte dell'attività lavorativa diurna senza il ricorso all'illuminazione artificiale (o comunque con illuminazione artificiale a bassa intensità). In secondo luogo consente, tramite la loro apertura, di generare, durante il periodo estivo, un effetto camino per la ventilazione naturale (e quindi un raffrescamento passivo, ovvero senza l'impiego di impianti specifici) degli ambienti.

L'apertura di tali infissi potrà essere gestita in maniera automatica tramite appositi motori comandati da una sonda di temperatura specifica (ed eventualmente da un sensore di pioggia che ne comanda la richiusura in caso di maltempo).

Sempre in tema di raffrescamento passivo dell'immobile, è prevista anche l'applicazione, sull'estradosso della copertura, di speciali vernici riflettenti i raggi solari in grado di ridurre il surriscaldamento dell'edificio e a limitarne conseguentemente l'innalzamento della temperatura interna.

La sostenibilità dell'edificio si caratterizza anche per le soluzioni relative alla gestione della risorsa idrica. Le operazioni di lavaggio delle carrozze richiedono notevoli quantitativi di acqua; per tale motivo sarà previsto:

1. un sistema di recupero delle acque meteoriche, tutte le acque captate dalle coperture saranno convogliate in un sistema di stoccaggio e, previa filtratura, riutilizzate come acqua tecnica per i servizi igienici del complesso e, appunto come acque per i servizi di lavaggio delle carrozze;
2. un sistema di trattamento e riutilizzo delle acque di lavaggio; le acque di lavaggio verranno raccolte tramite idoneo sistema di grigliatura a pavimento e trattate tramite un sistema di separazione per liquidi leggeri, detti comunemente disoleatori. Questi si comporranno di due comparti separati di cui il primo (sedimentatore) è preposto alla separazione e all'accumulo dei solidi pesanti (fango, limo, sabbia, ecc.), mentre il secondo (separator) provvede alla separazione e all'accumulo dei liquidi leggeri (benzina, petrolio, ecc.). In questa maniera l'impianto sarà in grado di rimuovere le sostanze oleose presenti nell'acqua fino ad un contenuto dell'olio residuo non superiore a 5 mg/l che equivale al limite di emissione degli idrocarburi totali di cui alla tabella 3 dell'allegato 5 alla parte terza del D.Lgs. n. 152/2006 per lo scarico delle acque reflue industriali nei corpi idrici superficiali.



Tale processo consentirà di ridurre al minimo indispensabile l'utilizzo di acqua proveniente da acquedotto per utilizzi tecnici.

La sostenibilità generale dell'intervento è anche sottolineata dall'ottimizzazione nell'utilizzo delle superfici disponibili per l'installazione di impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili.

Nello specifico, la proposta progettuale prevede l'installazione di un impianto fotovoltaico da 796 kW composto da 2310 moduli aventi potenza nominale da 345 Wp da installare sulla copertura a shed, appositamente orientata, del nuovo deposito.

Particolare attenzione è stata posta nella scelta dei moduli; in particolare si propone l'utilizzo di moduli fotovoltaici ad efficienza migliorata in grado di dare, a parità di superficie di un modulo tradizionale, una potenza nominale superiore del 30% di rendimento rispetto ai moduli tradizionali.

Tali moduli si caratterizzano inoltre per il fatto di avere cella costruita su una base in rame, resistente alla corrosione e alle possibili rotture che degradano le celle dei moduli convenzionali. I moduli risultano classificati primi nel test di durata di Fraunhofer ISE (Institute for Solar Energy System); sono riusciti inoltre a mantenere il 100% di potenza nel test di durata completo Atlas 25+ Durability test report, 2013, evidenziando pertanto riconosciuti primati in termini di durabilità e manutenibilità.

Sempre dal punto di vista della manutenibilità di segnala anche che i moduli previsti hanno garanzia sul prodotto di 25 anni in luogo di quella decennale dei prodotti tradizionali.

L'installazione di tali impianti consente di ottenere un cospicuo risparmio in termini di emissioni in atmosfera.



Risparmio di combustibile per gli impianti fotovoltaici installati nei due depositi	TEP
Fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria [TEP/MWh]	0.187
TEP risparmiate in un anno	296.24
TEP risparmiate in 20 anni	5 444,67

Fonte	dati:	Delibera	EEN	3/08,	art.	2
		CO2	SO2	NOX	POLVERI	
Emissioni evitate in atmosfera per gli impianti fotovoltaici installati nei due depositi						
Emissioni specifiche in atmosfera [g/kWh]		474.0	0.373	0.427	0.014	
Emissioni evitate in un anno [kg]		750 909,35	590.90	676.45	22,17	
Emissioni evitate in 20 anni [kg]		13 800 911.83	10 860.21	12 432.47	407.62	

Tale approccio progettuale è stato anche esteso alle stesse pensiline delle fermate, le quali sono state pensate per poter esprimere degli impianti fotovoltaici della potenza unitaria di 2,68 kW. La produzione stimata di circa 3 780 kWh l'anno, unita all'adozione di lampade a LED a risparmio energetico, consente di coprire il fabbisogno di energia per l'illuminazione pubblica del viale fino alla pensilina successiva.

PARCHEGGI

Dal punto di vista impiantistico, per la gestione dei parcheggi a raso, particolare importanza sarà data al sistema di illuminazione. A parte il rispetto dei requisiti minimi di legge in tema di specifiche illuminotecniche (secondo la UNI EN 11248), lo sviluppo progettuale terrà conto dello sviluppo di soluzioni volte a massimizzare il risparmio energetico e la manutenibilità del sistema.

Nello specifico verranno adottati corpi illuminanti a LED di ultima generazione; tale soluzione ha già dimostrato di avere notevoli vantaggi rispetto alle tecnologie tradizionali:

- Elevato risparmio energetico; esperienze ormai fatte in tema di illuminazione pubblica hanno dimostrato che è possibile ottenere risparmi nell'ordine del 30-40% rispetto alle tecnologie tradizionali;
- Elevata durabilità di una sorgente LED che raggiunge le 50mila ore, con ovvi vantaggi dal punto di vista dei costi di manutenzione;
- Maggior sicurezza; i LED, al contrario delle lampade tradizionali, non tendono a spegnersi improvvisamente esaurita la loro vita utile, ma diminuiscono lentamente il loro flusso iniziale fino ad esaurirsi. Infatti, non è prevista la rottura del LED (se non per difettosità), ma si determina un decadimento continuo.

E' prevista inoltre l'adozione di un sistema di controllo costituito da:

- Nodo di telecontrollo (da installare a livello di punto luce)
- Concentratore (da installare a livello di quadro)
- Software di gestione (installato su un server o accessibile in cloud, e fruibile via web tramite accessi personalizzati e protetti)

In particolare il sistema consentirà, in modo personalizzato, la telediagnosi, il telecontrollo e la telegestione, da uno o più server remoti, di tutti i componenti che costituiscono l'insieme dell'impianto d'illuminazione.

Il Concentratore avrà la funzione di:

- dialogare utilizzando la linea elettrica già esistente, ad onde convogliate, con i dispositivi di controllo/comando lampada collocati sulle lampade alimentate dalla linea stessa;
- creare sulla linea elettrica già esistente una rete a larga banda tra concentratore e nodi fruibile direttamente a livello del nodo (RJ-45 o I2C);
- instradare i dati a banda larga o stretta provenienti dai dispositivi (es. videocamera, sensore parcheggio) verso i relativi punti di consegna (es. server gestione tariffazione parcheggio o centrale vigili urbani per le sanzioni o server con sw analisi flusso video e immagini)
- ricevere tutte le informazioni relative al funzionamento dell'impianto, alle cause di malfunzionamento e trasferirle via modem/ADSL o fibra ottica al server remoto per la gestione dei dati raccolti.

Le principali caratteristiche del nodo di telecontrollo saranno:

- Orologio astronomico integrato (RTC): questa funzione permette che i nodi, una volta che abbiano ricevuto la prima programmazione possano funzionare in modo autonomo indefinitamente (Stand Alone Function), senza bisogno di connettere il concentratore;
- memoria interna che mantiene tutte le istruzioni di programmazione (in caso di mancanza di alimentazione o in assenza del concentratore);
- possibilità di pilotare driver con interfaccia DALI;
- possibilità di montare connettore RJ-45 per connettere direttamente dispositivi IP anche a larga banda (es. videocamera o hot-spot wifi), porta I2C (sensoristica).

Tale configurazione consentirà una migliore interfaccia anche con quanto già previsto per le pensiline, consentendo quindi la realizzazione di un'unica infrastruttura tecnologica integrabile.

Tale approccio tecnologico potrà essere esteso anche per i parcheggi interrati, dove il sistema di illuminazione potrà essere interfacciato a sensori di presenza in grado di consentire, in assenza di movimenti (ovvero assenza di

persone) la riduzione del flusso luminoso.

La progettazione terrà conto di tutti gli aspetti tecnici specifici previsti dal D. Min. Interno 21/02/2017 (“Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi per le attività di autorimessa”), ovvero, ad esempio, i sistemi di illuminazione di emergenza, il sistema di ventilazione, l’impianto idrico antincendio, etc.

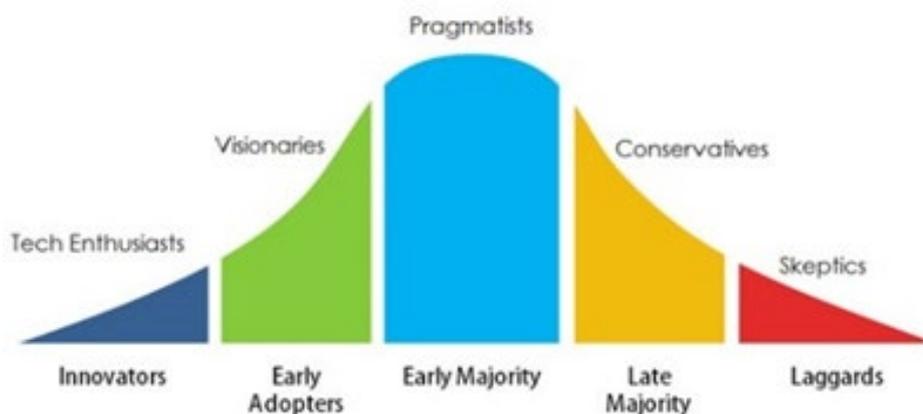
SISTEMA BIM

INTRODUZIONE

Da molti anni ormai la progettazione e la gestione delle infrastrutture di trasporto ha assunto livelli di complessità e multidisciplinarietà superiori al passato, a causa delle maggiori esigenze che si intendono perseguire, in primo luogo quelle che tentano di garantire e coniugare funzionalità e sicurezza delle opere, anche grazie a una progettazione efficace ed efficiente. In uno scenario ormai consolidato nelle esigenti richieste qualitative e quantitative, l’avvento, lo sviluppo e l’insediamento di metodologie innovative per la gestione e realizzazione dei progetti hanno rappresentato e rappresenta tutt’oggi un’occasione da cogliere e sfruttare, soprattutto nel campo delle infrastrutture di trasporto dove le esperienze ed applicazioni di tali metodologie sono ancora embrionali, sia in ambito nazionale che internazionale.

La seguente figura fotografa, ad oggi, l’applicazione del processo BIM (Building Information Modeling) in campo infrastrutturale (talvolta in letteratura si usa il termine I-BIM “Infrastructure Building Information Modeling”). Allo stato attuale il processo BIM in campo infrastrutturale è adottato solo da quelli che il mercato definisce “visionari” che vedono in questa metodologia il futuro, mentre, per convincere la stragrande maggioranza dei progettisti (“conservatives” e “skeptics”) ad effettuare questa transizione, sono ancora da compiere dei passi in avanti.

Product Adoption Curve



La possibilità di applicare ed implementare anche in tale ambito la tecnologia BIM consente da un lato di ereditare le esperienze ormai più consolidate nell’ambito della modellazione dell’edificio o di altri settori dell’ingegneria civile, e dall’altro di ampliare le esperienze e le conoscenze con il principale obiettivo di ottimizzare le metodologie di applicazione. I vantaggi della applicazione del processo BIM alle infrastrutture di trasporto in termini di sicurezza, efficienza e precisione sono innegabili ma ciò richiede un sostanziale sforzo iniziale per sfruttare al meglio le soluzioni disponibili, solitamente orientate al dominio dell’edificio più che all’ambiente metropolitano.

Il presente paragrafo descrive le innovative soluzioni attuate per la redazione del progetto di fattibilità tecnica ed economica del “Sistema Tram Palermo - fase II”. Il presente progetto di fattibilità è stato sviluppato facendo un massivo ricorso al processo BIM e alla sua integrazione con l’ambiente GIS (Geographic Information System). Così facendo si è implementato un modello organizzativo gestionale in cui il GIS ha sopperito alla bassa adattabilità del BIM all’ambiente urbano.

DEFINIZIONI

A) BUILDING INFORMATION MODELING

È un processo all'interno del quale organizzare tutte le informazioni inerenti l'oggetto da realizzare, una piattaforma in cui inserire dati grafici (come i disegni) e documenti tecnici relativi al ciclo di vita previsto dell'opera in una modalità più evoluta rispetto al passato. Il BIM nasce per rispondere all'esigenza di una maggiore collaborazione tra i progettisti, di un'effettiva interoperabilità a livello di software, della più facile integrazione tra i processi e, non in ultimo, di un'effettiva sostenibilità. In quest'ottica il processo BIM è dunque un metodo di progettazione collaborativo. Si parla del BIM come metodo di progettazione collaborativo, proprio perché trattasi di un “sistema” che consente di integrare in un unico modello le informazioni utili in ogni fase della progettazione, da quella architettonica a quella strutturale, da quella impiantistica a quella energetica per arrivare a comprendere quella di matrice gestionale. A beneficiare delle sue funzionalità sono quindi tutti gli attori che operano nelle varie fasi di realizzazione dell'opera, e quindi, impiantisti, ingegneri, architetti, montatori, collaudatori. Per arrivare naturalmente fino alle imprese di costruzione.

Lo strumento fornisce una rappresentazione computabile delle caratteristiche fisiche e funzionali di una struttura e delle sue informazioni relative all'intero processo, organizzate in un unico contenitore di dati grafici, disegni e attributi, specifiche tecniche e schede, rendendo possibile un'esecuzione integrata della commessa (dal concept iniziale fino alla manutenzione, trasformazione, dismissione e riciclo dell'opera).

Il concetto alla base del processo BIM è che un'opera ha una vita digitale in aggiunta alla sua vita fisica, e che le informazioni sulla risorsa possono accompagnarla nel suo intero ciclo di vita. In teoria, questo approccio è orientato a ridurre i tempi di lavorazione. In questo nuovo processo di progettazione il processo BIM introduce un nuovo lessico progettuale legato essenzialmente ai concetti di “vita digitale” ed “eredità digitale” dell'opera.

B) GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

È un insieme di procedure (metodi), risorse umane (analisti), risorse fisiche (hardware-software) utilizzate per:

- acquisire (importare dati),
- archiviare (strutturarli e salvarli),
- analizzare (generare informazioni),
- comunicare (rappresentarle),

informazioni necessarie alla pianificazione, gestione e progettazione del territorio e delle sue infrastrutture.

Nel GIS è possibile gestire tre tipologie di informazioni:

- Informazioni geometriche. Sono informazioni relative alla rappresentazione cartografica degli oggetti rappresentati. In questa tipologia ricadono la forma (punto, linea, poligono), la dimensione e la posizione geografica (coordinate geografiche o piane);
- Informazioni topologiche. Sono informazioni riferite alle relazioni reciproche tra gli oggetti. Nelle informazioni di tipo topologico ricadono, ad esempio, le relazioni di connessione, adiacenza, inclusione, vicinanza, etc...;
- Informazioni alfanumeriche. Questa tipologia riguarda i dati (numerici, testuali ecc...) associati ad ogni oggetto.

Il GIS prevede la gestione di queste informazioni in un database relazionale.

Uno degli aspetti principali che caratterizza l'ambiente GIS è la georeferenziazione delle “feature” gestite. L'ambiente GIS memorizza la posizione del dato impiegando un sistema di proiezione cartografico reale che definisce la posizione geografica dell'oggetto. Definendo accuratamente il corretto sistema di rappresentazione cartografica, il GIS acquisisce la capacità di gestire contemporaneamente i dati provenienti da diversi sistemi di proiezione e riferimento.

C) DECISION SUPPORT SYSTEM (DSS)

Sia il processo BIM che le tecnologie GIS possono essere considerati dei sistemi di supporto alle decisioni. Un Decision Support System (DSS) è un sistema software di supporto alle decisioni, che permette di aumentare l'efficacia dell'analisi in quanto fornisce supporto a tutti coloro che devono prendere decisioni strategiche di fronte a problemi che non possono essere risolti con i modelli della ricerca operativa. La funzione principale di un DSS è quella di estrarre in poco tempo e in modo versatile le informazioni utili ai processi decisionali, provenienti da una rilevante quantità di dati.

Qui si accenna al fatto che alla base di ogni DSS vi è sempre una architettura DBMS (Data Base Management System), relazionale o documentale/NoSQL. Non a caso sia i software GIS desktop (ESRI ArcGIS, QuantumGIS, Autodesk Map, ...) che i software BIM (Autodesk Revit, AllPlan, Bentley, ...) sono alimentati da banche dati gestite attraverso dei veri e propri motori DBMS.



SCHEMA PIRAMIDALE DEL DECISION SUPPORT SYSTEM

Il processo di sviluppo di un DSS è composto da quattro parti principali:

- Acquisizione e valutazione dei dati. Già nella fase di acquisizione deve avvenire una prima valutazione dei dati in ingresso nel sistema con creazione di indicatori aggregati attraverso l'utilizzo di opportuni pesi che l'utente stesso deve decidere a seconda della propria strategia di intervento.
- Disegno e costruzione di un database. È necessario che vengano sviluppate strutture di dati relazionali perché all'utente sia chiaro su cosa deve prendere le decisioni. In questo database andranno introdotti i dati acquisiti e valutati precedentemente in maniera chiara e logica. Fondamentale è che il database abbia un'interfaccia che faciliti la rappresentazione dei dati per l'utente: bisogna che sappia rispondere adeguatamente alle "Query" che l'utente vuole proporre per consentire una continua riutilizzazione delle informazioni.
- Modellizzazione di previsione spazio-temporale. È in questa parte che sta la forza dei DSS. Il sistema è fornito di strumenti di analisi spazio-temporali applicabili ai dati disponibili e, soprattutto, attraverso modelli di previsione, rende possibile l'analisi su scenari "possibili" ipotizzati ed introdotti dall'utente. L'utilizzo di analisi di adattabilità preliminari e di proiezioni future, sono di supporto e di suggerimento all'utente affinché possa prefigurarsi (e proporre al software) al meglio gli scenari di ipotesi.
- Visualizzazione del risultato. L'operazione avviene mediante supporto grafico e tecniche dinamiche tridimensionali. È necessario mostrare in modo efficace i risultati delle simulazioni generate dai modelli di previsione. Solo in questo modo l'utente potrà valutare facilmente l'impatto generato dalle sue decisioni.

Gli aspetti innovativi che caratterizzano l'applicazione del processo BIM/GIS risiedono anche nella applicazione di strumenti tipici dei DSS al fine di sfruttare le potenzialità insite in questi sistemi ed addivenire ad un modello decisionale improntato all'efficienza e all'efficacia, in ogni fase della vita dell'opera.

INTEGRAZIONE DEL PROCESSO BIM CON L'AMBIENTE GIS

L'interoperabilità degli strumenti di gestione e controllo del processo di progettazione è una delle tematiche sulle quali si concentrano la ricerca e le innovazioni nel campo dei sistemi di modellazione BIM (Building Information Modeling). Una delle tematiche sulle quali si concentrano la ricerca e le innovazioni nel campo dei sistemi di modellazione BIM (Building Information Modeling) è la creazione di strumenti capaci di portare la gestione e il controllo del processo di progettazione su piattaforme interoperabili. Su tale principio si basa la capacità di gestire, mediante lo scambio e la condivisione di dati complessi e conoscenze pluridisciplinari, le attività e i ruoli dei diversi operatori che intervengono nel processo di programmazione, progettazione e gestione degli interventi. In particolare, nell'ambito di interventi di nuova costruzione, la possibilità di sviluppare modelli progettuali capaci di simulare condizioni alternative e di misurarne gli effetti garantendo un feedback condiviso è una condizione essenziale per ottimizzare l'attività di gestione durante l'intero ciclo di vita delle opere.

Negli ultimi anni i sistemi GIS si sono evoluti in ragione di spinte innovative (Hardware, Software, sensori, IoT, Big Data, Computer Grafica, ...) che consentono oggi la gestione contemporanea di molteplici quantità di dati informativi. Una applicazione molto innovativa riguarda la loro applicazione a scala territoriale/metropolitana e l'integrazione con sistemi CAD/BIM, operanti “solitamente” alla scala edilizia.

La Norma UNI 11337:2017, prima norma tecnica italiana sul BIM, sottolinea l'importanza strategica di un approccio congiunto tra GIS e fasi progettuali sviluppate secondo metodologia BIM.

Le moderne tecniche di rilevamento con apparati sofisticati come i laser scanner a tempo di volo (TOF laser scanner) o i droni UAV consentono di acquisire speditivamente dati che possono essere fruiti trasversalmente anche attraverso le nuove tecnologie di comunicazione “mobili”, capaci di operare nell'ambito dei sistemi informativi geografici basati sul web.

I Sistemi Informativi Geografici (GIS) devono gestire formati di dati sempre più ibridi, anche provenienti da progetti sviluppati con processi BIM, che costituiscono ormai una metodologia consolidata per la progettazione civile e infrastrutturale, richiesta dalla normativa. Questo implica una importante rivoluzione culturale, in cui i Sistemi Informativi Geografici giocano un ruolo fondamentale per orientare lo sviluppo del Territorio, garantendo la congruenza delle informazioni e delle analisi gestite nell'ambiente GIS e di quelle prodotte attraverso processi BIM. I sistemi GIS sono in grado di fornire il contesto e la base cartografica di qualsiasi intervento sul territorio, ma contemporaneamente estendono il valore dei dati di progettazione BIM attraverso la loro visualizzazione e attraverso le analisi geografiche che su questi dati si può effettuare.

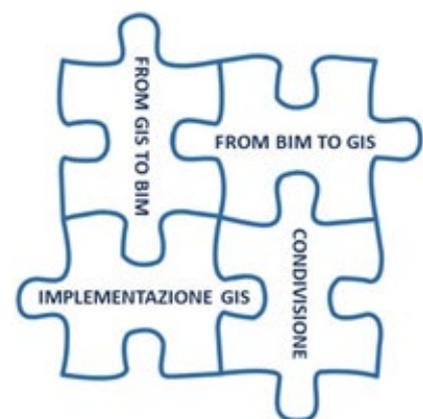
Lo scambio informativo può seguire le stesse fasi del progetto, che possono essere riassunte in differenti stadi:

- programmazione strategica;
- progettazione;
- produzione ed esercizio.

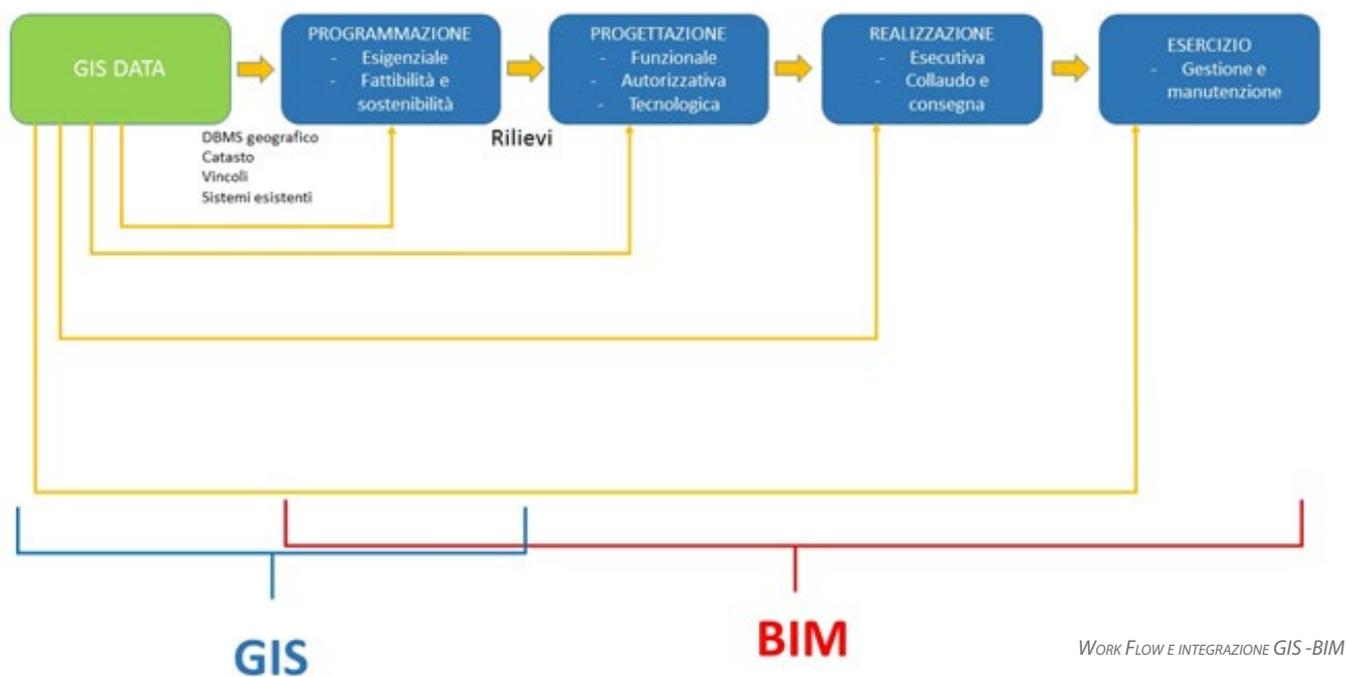
La natura stessa dei LOD (Level of Development) degli oggetti dei modelli terrà conto di conseguenza delle logiche secondo cui gli elementi sono definiti all'interno dei database territoriali.

L'interazione tra GIS e BIM viene presentata nel corso attraverso quattro filoni logici prevalenti rappresentati nella seguente figura:

- dal GIS al BIM;
- dal BIM al GIS;
- implementazione del GIS;
- condivisione.



Un punto fondamentale e significativo per il raggiungimento dell'integrazione con il GIS è il processo di trasferimento dei dati BIM ad esempio attraverso il formato IFC.



Nel caso di progetti di infrastrutture a scala “metropolitana”, che esulano quindi la consueta applicazione al dominio dell’edificio, lo scenario attuale fotografa una situazione in cui BIM e GIS sono sempre più vicini e reciprocamente indispensabili. Affinché l’integrazione tra i due processi sia efficiente ed efficace si rende necessaria la implementazione di “procedure” di interscambio standardizzate sotto il continuo coordinamento di due figure indispensabili: il BIM Manager e il GIS Manager.

Il BIM Manager gestisce e aggiorna il modello BIM per tutte le discipline coordinando le attività delle altre due figure previste dal processo BIM (BIM Coordinator e BIM Specialist). Garantisce inoltre il coordinamento del progetto, gestendo i ruoli e le fasi previste, e individua le interferenze riassegnando all’interno del team di progetto la loro correzione. Il GIS Manager è responsabile della supervisione e del coordinamento degli esperti IT che collaborano alla componente geografica del progetto.

Entrambe queste due figure, responsabili di fatto della vita digitale del progetto, devono possedere un elevato livello di esperienza e professionalità

I VANTAGGI DEL PROCESSO BIM NELLA PROGETTAZIONE E GESTIONE DI UNA INFRASTRUTTURA DI TRASPORTO

Una delle novità del metodo BIM, introdotto ufficialmente in Italia dal Codice degli appalti (ora Codice dei contratti) del 2016, sta nella trasformazione del progetto preliminare in piano di fattibilità. Questo si traduce una maggiore attenzione alla fase iniziale del progetto, quando vengono prese le decisioni strategiche. Ancora più interessante, all’interno del piano di fattibilità, è la necessità di non studiare un unico progetto: occorre valutare più alternative, e dimostrare qual è la migliore, da differenti punti di vista. Non solo il punto di vista economico, quindi, ma anche ambientale e paesaggistico. Inoltre, nel caso delle infrastrutture sopra un certo importo, è obbligatorio il dibattito pubblico. Quindi occorre presentare le scelte progettuali in modo chiaro e comprensibile a tutti i portatori di interessi.

I vantaggi offerti dall’implementazione del processo BIM sono sicuramente molti e ormai non possono più essere ignorati. Come accade però per tutte le tecnologie innovative, prima di poter trarre beneficio dai vantaggi dati dall’introduzione di queste tecnologie, bisogna riuscire a superare la forte resistenza al cambiamento ed è necessaria una profonda riflessione sui limiti e sulle potenzialità di tali strumenti, per comprendere a fondo l’entità e l’efficacia delle innovazioni introdotte nel processo di progettazione/gestione dell’infrastruttura.

Nel caso del BIM, in primo luogo bisogna recepire che questo è un processo, pertanto la semplice introduzione

nel processo di progettazione di una nuova applicazione software non può certamente essere sufficiente a comprenderne appieno le potenzialità. Al fine di modificare le procedure interne aziendali si è resa necessaria l'introduzione di nuove conoscenze e competenze (BIM Manager e GIS Manager) in modo da far comprendere a tutti gli attori della progettazione non solo il funzionamento dei nuovi processi, ma anche la loro logica interna e i vantaggi offerti.

Il presente progetto, sviluppato con la logica del processo BIM in forte integrazione con l'ambiente GIS, ha richiesto una stretta collaborazione tra tutti i partecipanti alla progettazione e uno scambio di dati e informazioni conforme a standard comuni e ormai consolidati. A livello comunitario, l'importanza dei processi BIM è già stata compresa da altri Paesi europei che hanno costruito un impianto normativo ad hoc e l'Italia ha seguito questo esempio (cfr. “decreto BIM” – Decr. Min. 560/2017).

Si può comprendere il perché di questa rapida tendenza all'innovazione guardando agli effettivi ed oggettivi vantaggi che nel presente progetto sono stati ottenuti attraverso l'introduzione del processo BIM/GIS, vantaggi che hanno trovato spazio nelle diverse fasi progettuali e che possono essere riassunti come di seguito riportato:

- un numero di rielaborazioni progettuali inferiori;
- una migliore collaborazione tra i diversi aspetti del progetto;
- la possibilità di estrapolare velocemente documenti e rapporti utili per una più consapevole gestione del progetto;
- un potenziale numero inferiore di errori di progettazione;
- una efficace ed efficiente gestione e manutenzione delle risorse.

Nella presente proposta progettuale, facendo un confronto tra il processo tradizionale e il processo BIM, si è evidenziato come il BIM abbia anticipato la maggior parte del lavoro nelle fasi iniziali della progettazione, ovvero in quella fase ottimale per analizzare approfonditamente le problematiche progettuali, apportare le eventuali modifiche alle diverse soluzioni proposte, ottenendo così migliori risultati e riuscendo al contempo a contenere i costi nelle fasi successive.

Attraverso l'applicazione del processo BIM ad una infrastruttura di trasporto, applicazione “atipica” rispetto alla consolidata applicazione del processo BIM nel dominio dell'edificio, si è ravvisata la prospettiva di uno strumento capace di creare virtualmente il primo prototipo e di verificarlo in tutte le sue fasi, dalla progettazione, alla sua messa in opera, dalle attività di manutenzione ordinaria e straordinaria, fino al suo smantellamento.

LA FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

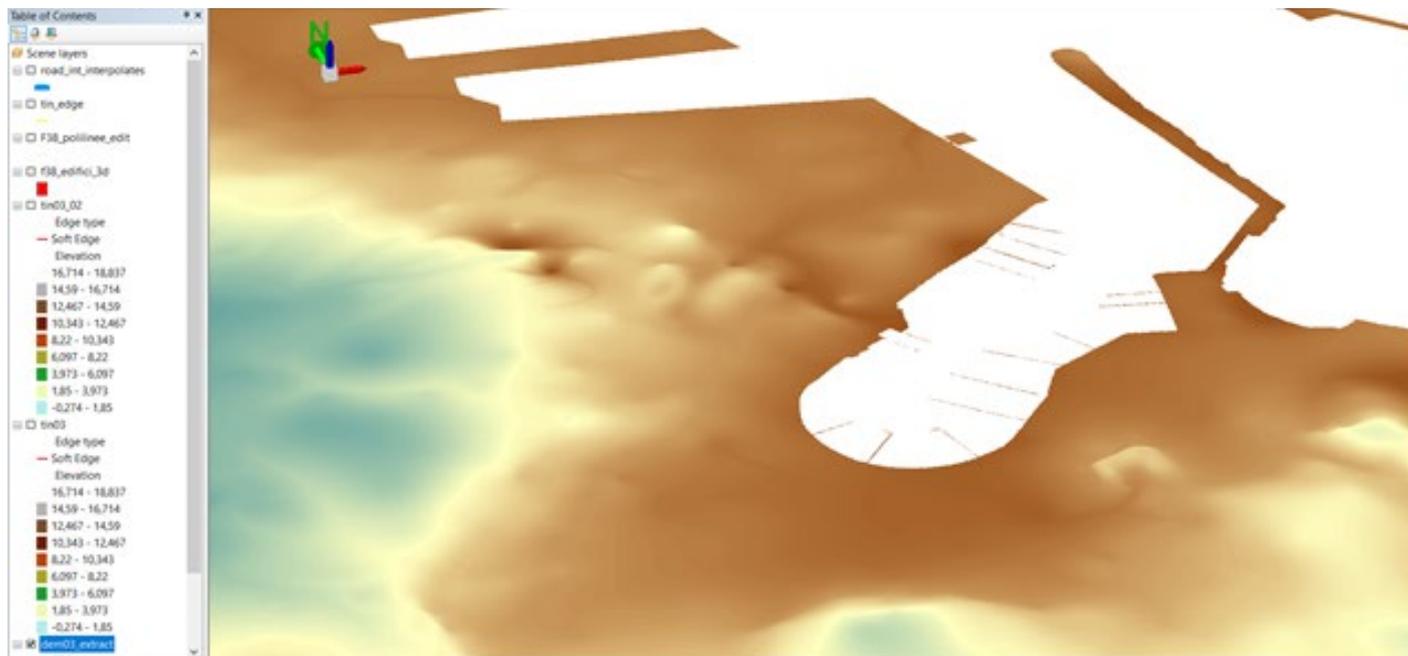
Il progetto di cui alla presente relazione è stato condotto nell'ipotesi di voler provvedere ad una progettazione in prima analisi, a livello di “fattibilità tecnico-economica” con una forte predisposizione per affrontare il livello di progettazione “definitiva” di una infrastruttura di trasporto come quella di che trattasi.

Per gli scopi prefissati, si è reso ovviamente necessario trascurare alcuni aspetti progettuali che saranno oggetto di implementazioni future. Descrivendo sommariamente lo schema utilizzato in questa prima applicazione, il primo step del processo BIM ha riguardato la costruzione del modello ante-operam. Questa scelta progettuale potrebbe apparire un passaggio aggiuntivo rispetto alla progettazione tradizionale ma si è resa necessaria, in quanto, grazie a questa, sono stati ottenuti numerosi vantaggi tipici del processo BIM.

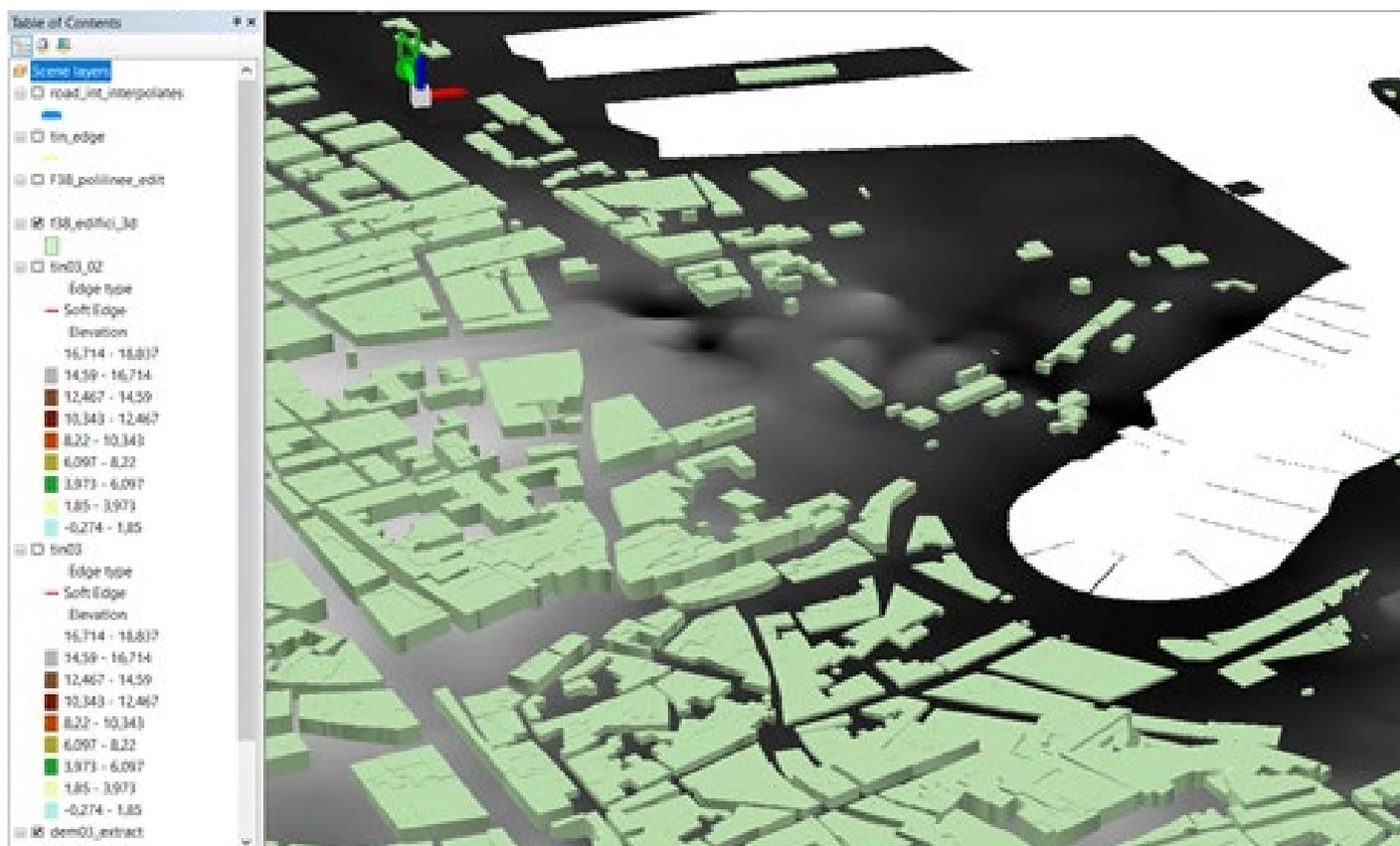
Più nel dettaglio, in questa fase sono state inserite nel processo BIM quante più informazioni possibili, compatibilmente al livello di dettaglio (LOD – Level Of Detail) considerato, in modo da ottenere un modello che meglio potesse rappresentare le reali condizioni del sito di interesse sia dal punto di vista amministrativo, che da quello ambientale, che geologico. In questo modo sono stati ridotti al minimo i successivi interventi di modifica progettuale in corso d'opera.

Il processo ha a questo punto necessitato una digitalizzazione della cartografia di base, in maniera tale da poter georiferire le tavole vettoriali della Carta Tecnica Comunale a scala 1:2000 e creare una superficie tridimensionale, base su cui si è fondato il resto del progetto. Come meglio specificato nel paragrafo precedente questo risultato

è stato ottenuto grazie alla piena integrazione tra il processo BIM e l'ambiente GIS, integrazione possibile solo attraverso un continuo interfacciamento tra il BIM Manager e il GIS Manager del progetto.

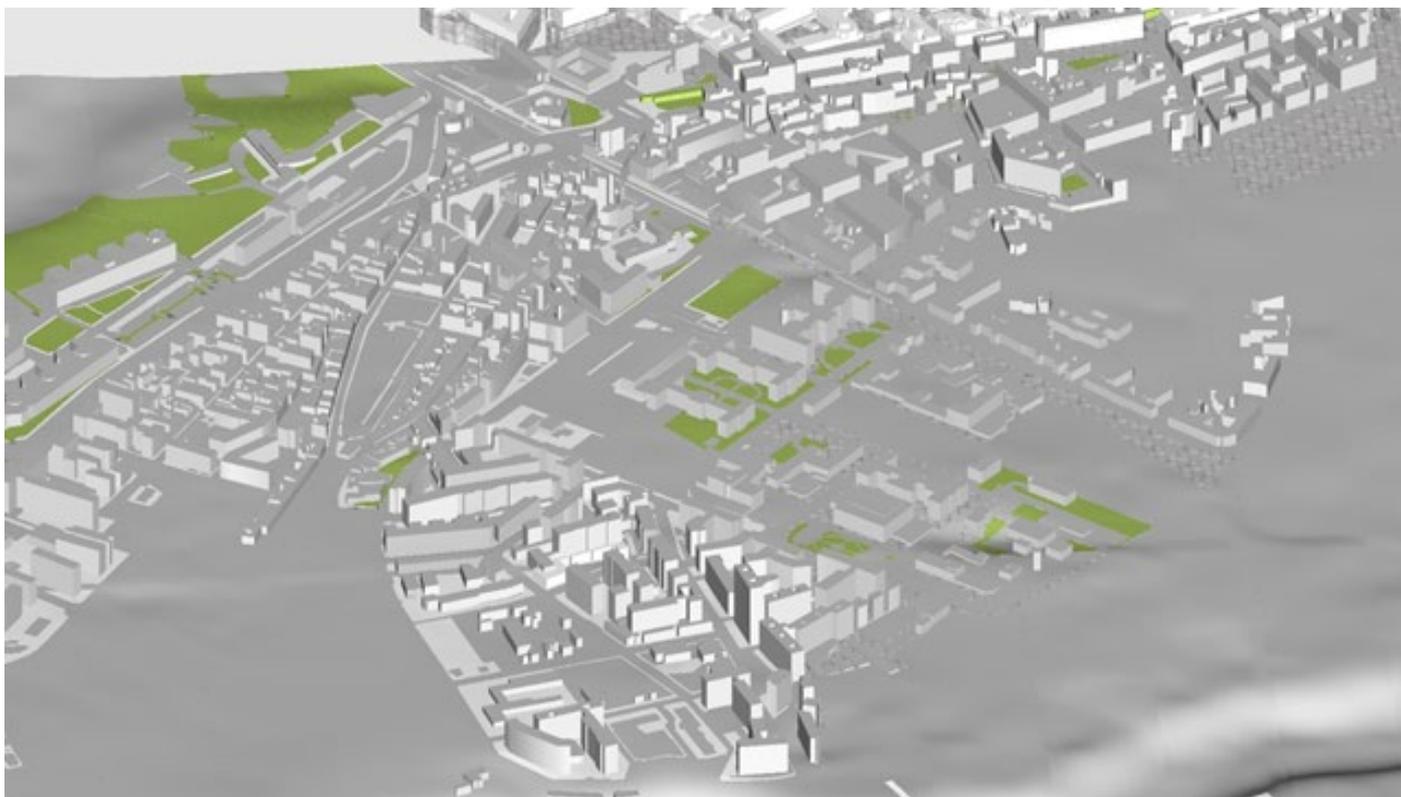


MODELLO TRIDIMENSIONALE DELLE ELEVAZIONI (DEM) IN AMBIENTE GIS 3D (ESRI ArcScene)



MODELLAZIONE DEGLI EDIFICI SU MODELLO TRIDIMENSIONALE DEL TERRENO (DEM) IN AMBIENTE GIS 3D (ESRI ArcScene)

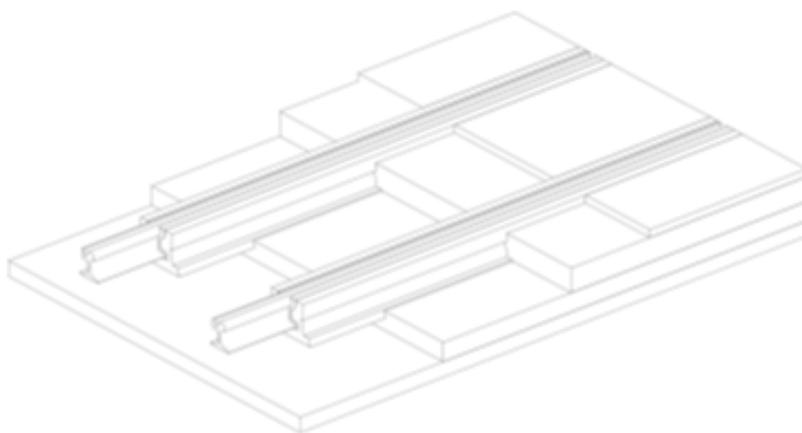
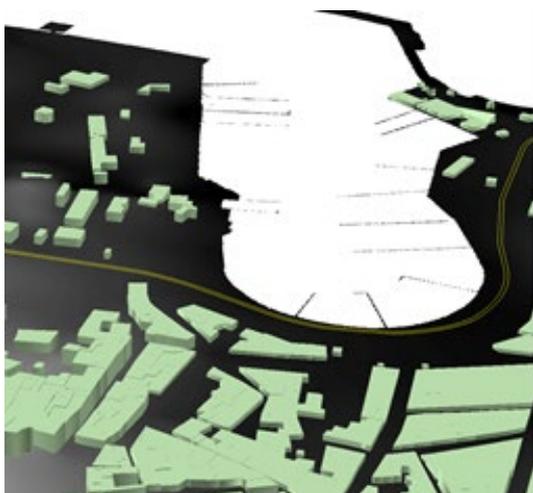




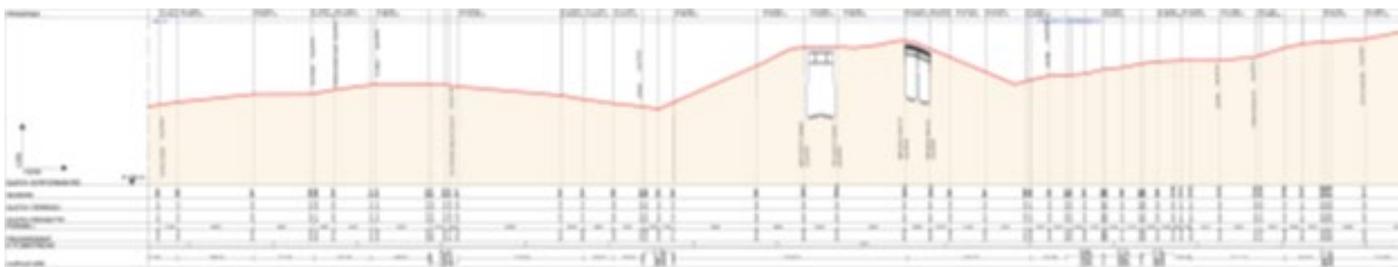
MODELLAZIONE DEGLI EDIFICI SU MODELLO TRIDIMENSIONALE DEL TERRENO (DEM) IN AMBIENTE BIM (AUTODESK REVIT)

LE VERIFICHE TECNICHE DEI TRACCIATI CON IL BIM

La geometrizzazione del tracciato di progetto è avvenuta in modo concettualmente diverso rispetto alle consuete procedure CAD, questo perché, nel caso in esame, il tracciato non è più rappresentato come un insieme di linee e archi di cerchio ma è un "oggetto" parametrico. Nell'ambiente del software BIM il tracciato è riconosciuto come oggetto parametrico con la conseguente possibilità di effettuarvi delle verifiche tecniche, anche grazie alla normativa di settore implementabile nel processo.



DAL TRACCIATO AL MODELLO PARAMETRICO



DAL TRACCIATO AL MODELLO PARAMETRICO

I software BIM permettono ormai una visualizzazione sempre più realistica del contesto territoriale usando dati provenienti da CAD, GIS e altri BIM, nei formati più diffusi, compresi i dati geografici Open e anche grazie al “drappaggio” delle ortofoto sulla superficie tridimensionale. Aggiungendo poi ulteriori oggetti quali case, edifici e tutto quello che è realmente presente nell’area interessata si è potuto effettivamente visualizzare il vero impatto, anche visivo, dell’opera sul territorio.

LA PROGETTAZIONE DEFINITIVA

Dopo avere verificato che l’opera era conforme ai requisiti necessari previsti dalle prescrizioni caratterizzanti la fase di progettazione di fattibilità tecnico-economica, si è passati alla analisi del workflow per la successiva fase di progettazione definitiva, al fine di riuscire a testare la capacità del processo BIM ad essere utilizzato in fasi successive ma tra loro dipendenti.

Il passaggio dallo studio di fattibilità tecnico/economica al progetto definitivo ha richiesto un innalzamento del livello di dettaglio del modello, cosa che ha comportato necessariamente delle modifiche al progetto, implicando un aumento del cosiddetto LOD (Livello di sviluppo degli Oggetti Digitali) degli elementi costituenti il modello. L’utilizzo di cartografia a scala di maggior dettaglio, o di rilevamenti laser scanner di alcune zone “critiche” del tracciato, ha permesso una migliore conoscenza del territorio, suggerendo modifiche migliorative alla planimetria del tracciato ante-operam, che ha comportato anche un necessario aggiornamento dell’altimetria e degli altri aspetti generali del modello.



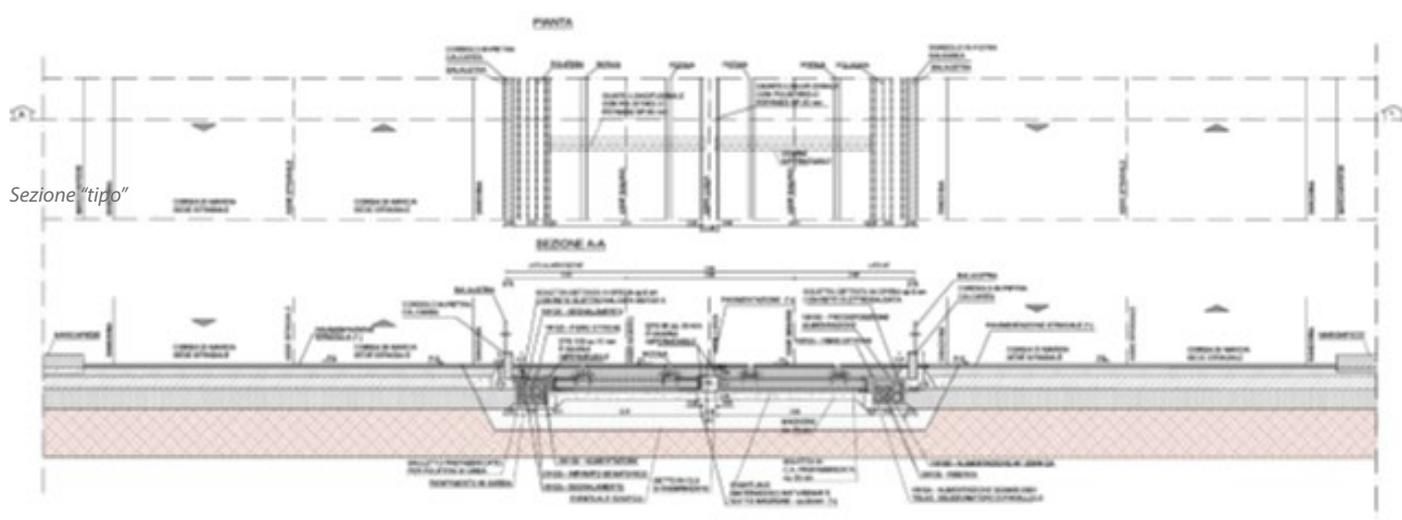
PROCESSO BIM CON LOD ELEVATO (WORKFLOW PROGETTAZIONE DEFINITIVA)

Ancora una volta risultano evidenti i vantaggi del processo BIM in quanto, come già detto, non vi è stata la necessità, come in ambiente CAD, di ricostruire “ex novo” gli elaborati redatti nella fase precedente ma questi sono stati aggiornati dinamicamente insieme a tutti gli elementi strettamente dipendenti dal tracciato planimetrico, come ad esempio l’andamento altimetrico.

Analogamente, anche altri elaborati come il computo metrico o i rapporti sui volumi di scavo e riporto, le sezioni tipo, sono stati facilmente aggiornati. Una volta definite le diverse sezioni tipo, si è quindi passati alla definizione del modellatore con il quale si è operata l’estrusione delle sezioni tipo lungo la geometria definita dal tracciato planimetrico e altimetrico.

L’estrusione non viene condotta in modo statico come in ambiente CAD tradizionale ma in modo dinamico, perché le sezioni tipo possono essere create in modo tale da capire quando e in che modo quest’ultime intersecano la superficie 3D del terreno e automaticamente comprendere come comportarsi in caso di scavi e di riporti, associando una diversa sezione ad ogni condizione incontrata.

Tramite il modellatore si è quindi creato un oggetto che non è semplicemente un solido 3D, ma un oggetto che eredita le caratteristiche delle sezioni tipo e che le quantifica su tutta l’estensione del tracciato.



LA DEFINIZIONE DEGLI ELEMENTI PROGETTUALI

Definite quindi nel dettaglio tutte le caratteristiche degli elementi progettuali, si è creato un modello unico che conterrà tutte le informazioni, dall’ante fino al post-operam. Conclusa la creazione di tale modello, in qualsiasi momento si potrà passare all’estrapolazione dei dati e di tutte le informazioni necessarie.

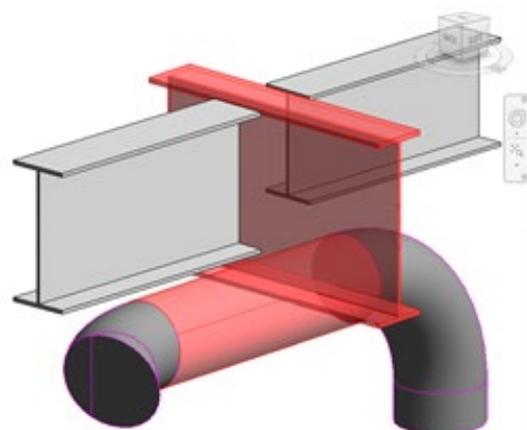
È ovvio che creare un modello esplorabile in ogni suo dettaglio in modo realistico rappresenta da un lato un onere per il progettista ma permette nelle diverse fasi di trasferire l’idea finale del progetto in modo molto più efficace rispetto all’uso di elaborati 2D, tipici di un progetto tradizionale. Se poi si pensa alle altre numerose possibilità che una progettazione del genere permette, come ad esempio le possibilità di presentazione di filmati, aggiornamenti automatici dei diversi aspetti progettuali, si può effettivamente comprendere l’efficacia di tale modalità di lavoro.

È importante evidenziare che la progettazione BIM, nelle infrastrutture di trasporto così come in altri ambiti, non è solo questo, ma offre tutta una serie di vantaggi che è possibile quantificare solo quando si sfruttano al massimo le relative potenzialità. Ci si riferisce, ad esempio, alla gestione dei costi in fase di progetto e all’analisi delle interferenze, aspetti cui si farà cenno nel prossimo paragrafo.

LA GESTIONE DEI COSTI IN FASE DI PROGETTO E L'ANALISI DELLE INTERFERENZE

Particolare importanza, in termini di ottimizzazione dell'intero processo, è stata conferita alle cosiddette dimensioni 4D e 5D del progetto: attraverso queste si è reso possibile il controllo di costi e tempi già durante la fase di progettazione. Quanto sopra ha consentito di gestire in maniera più consapevole il progetto, fornendo un immediato riscontro di quale sarà l'impatto dell'opera, economico e non, di ogni modifica o di ogni variante proposta.

Un ulteriore vantaggio derivante dallo sviluppo di un modello tridimensionale integrato e condiviso si è manifestato grazie alla possibilità di utilizzare un ambiente software di “clash detection”, cioè di analisi delle interferenze. Questo strumento si è dimostrato indispensabile alla luce del fatto che attraverso il processo BIM/GIS è stato condiviso il modello tra tutti i team di progettisti coinvolti nella presente proposta progettuale.



ESEMPIO DI INTERFERENZA TRA UNA TRAVE IPE E UN CONDOTTO

LA GESTIONE DELLA TEMPISTICA E DEL CICLO DI VITA DELL'OPERA

L'adozione di una infrastruttura BIM/GIS in ambito infrastrutturale consentirà di gestire tutte le fasi del processo di realizzazione dell'opera, dalla modellazione al calcolo strutturale, dagli acquisti alla produzione, dal collaudo alla manutenzione. Il BIM è stato quindi interpretato non solo come strumento di progettazione ma come “processo” che coniuga esigenze industriali di produzione e cantieristiche in una logica integrata. Così facendo si realizzerà una efficienza di processo orientata verso un forte grado di standardizzazione con conseguente certezza dei tempi e dei costi di costruzione, oltre ai vantaggi nella conduzione e gestione durante tutta la vita dell'opera, grazie all'ottimizzazione dei controlli e alle possibilità di intervento. Attraverso il BIM si realizza l'interazione tra i diversi operatori della filiera costruttiva (committente, direzione lavori, impiantisti, fornitori di materiali e soluzioni tecnologiche, architetti, ecc.). Tale approccio integrato consentirà di evitare gli errori, gli sprechi e minimizzare le varianti.

Più in particolare, un aspetto critico tipico nella realizzazione di infrastrutture di trasporto è da ricercare nel disallineamento dei tempi previsti per le singole attività in fase di progettazione esecutiva rispetto alle reali tempistiche di cantiere e, complessivamente, nel cosiddetto *disruption* (collasso del cantiere), ovvero, quando si ha una mancanza o scarsa attività di coordinamento tra le diverse imprese che lavorano nella medesima area di cantiere, caso, questo, che spesso è fonte primaria degli extra-oneri nativi delle attività di cantiere. Questa criticità può essere scongiurata attraverso una intensiva attività di coordinamento tra il *Contract Manager* e il *BIM Assembler*.

Il tema della programmazione operativa e più in generale del rispetto dei tempi e dei costi è argomento storicamente dibattuto e fa parte del complesso di attività che sono assegnate tradizionalmente alle figure del Project Manager e al Contract Manager.

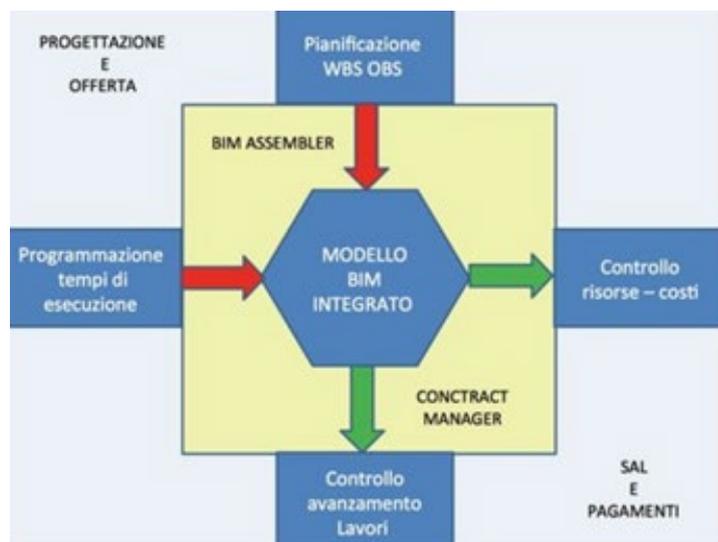


FIGURA X: MODELLO RAPPRESENTATIVO DELLA COINCIDENZA FUNZIONALE TRA IL CONTRACT MANAGER E IL BIM ASSEMBLER.

In particolare è a quest’ultimo che teoria e prassi affidano molte delle attività di controllo; il Contract Manager è, infatti, un professionista con competenze multidisciplinari che, affiancato da un suo team di specialisti, opera secondo quattro linee di attività in sede di gara e pre-commessa e quattro in sede di gestione della commessa. In fase di pre-attività affronta lo studio della documentazione di gara con attenzione ai capitolati, sovrintende la redazione degli elaborati di concorso e cura il coordinamento degli stessi oltre a gestire i rapporti con le altre aziende che partecipano alla gara.

In sede di gestione della commessa sovrintende la gestione dei sub appalti, supervisiona le attività di contabilità, monitora gli stati di avanzamento lavori attivi e passivi nella visione globale dei costi di commessa, e affianca i Project Manager nella gestione dei contenziosi e la direzione aziendale nelle scelte di livello strategico della commessa. È quindi il Contract Manager la figura più idonea ad assumere un livello di integrazione con i sistemi e le architetture BIM.

Un progetto di costruzione attraversa fasi multiple dalla messa in opera alla sua dismissione. Queste fasi si riferiscono solitamente alle fasi del ciclo di vita del progetto (*Project Lifecycle Phases: PLPs*) e includono attività di pre-costruzione come la programmazione e la pianificazione dei costi così come le attività di “post” costruzione tipo occupazione e mantenimento delle strutture. Le fasi del ciclo di vita possono essere delineate in diversi modi. Al fine di gestire in maniera efficiente, efficace ed integrata il ciclo di vita del progetto del “Sistema Tram Palermo Fase II” è stata implementata una infrastruttura BIM/GIS in cui il progetto è stato scomposto in tre diverse fasi.

BIM FASE 1: MODELLAZIONE BASATA SUGLI OGGETTI

Nella FASE 1, si è fatto uso dei modelli di singole discipline nella Progettazione, Costruzione o Operazione – Le tre fasi del ciclo di vita del progetto. Questi Modelli – come il modello di Progettazione di architettura e il modello di fabbricazione del prodotto – sono stati utilizzati principalmente per automatizzare la coordinazione della documentazione 2D e visualizzazione 3D. Altri risultati della prima Fase includono i data export di base e i modelli leggeri 3D i quali presentano attributi parametrici non modificabili. Tuttavia, la natura “semantica” dei modelli basati sugli oggetti e la necessità di una soluzione veloce e dettagliata per la progettazione e l’acquisto di materiali di costruzione incoraggiano il rintracciamento veloce delle fasi del ciclo di vita del progetto.

Nel progetto redatto in maniera schematica le attività di progettazione e costruzione sono state sovrapposte al fine di risparmiare tempo. Dopo il raggiungimento della maturità della prima fase si è passati alla fase 2 della architettura BIM incentrata sulla collaborazione basata sui modelli.

BIM FASE 2: COLLABORAZIONE BASATA SUI MODELLI

Avendo sviluppato una capacità di modellazione a disciplina singola attraverso l’implementazione della fase 1, gli operatori impegnati nella fase 2 hanno collaborato attivamente con gli operatori di altre discipline. Questo è avvenuto in modi tecnologici differenti in accordo con la selezione di ogni operatore tra gli strumenti software del BIM.

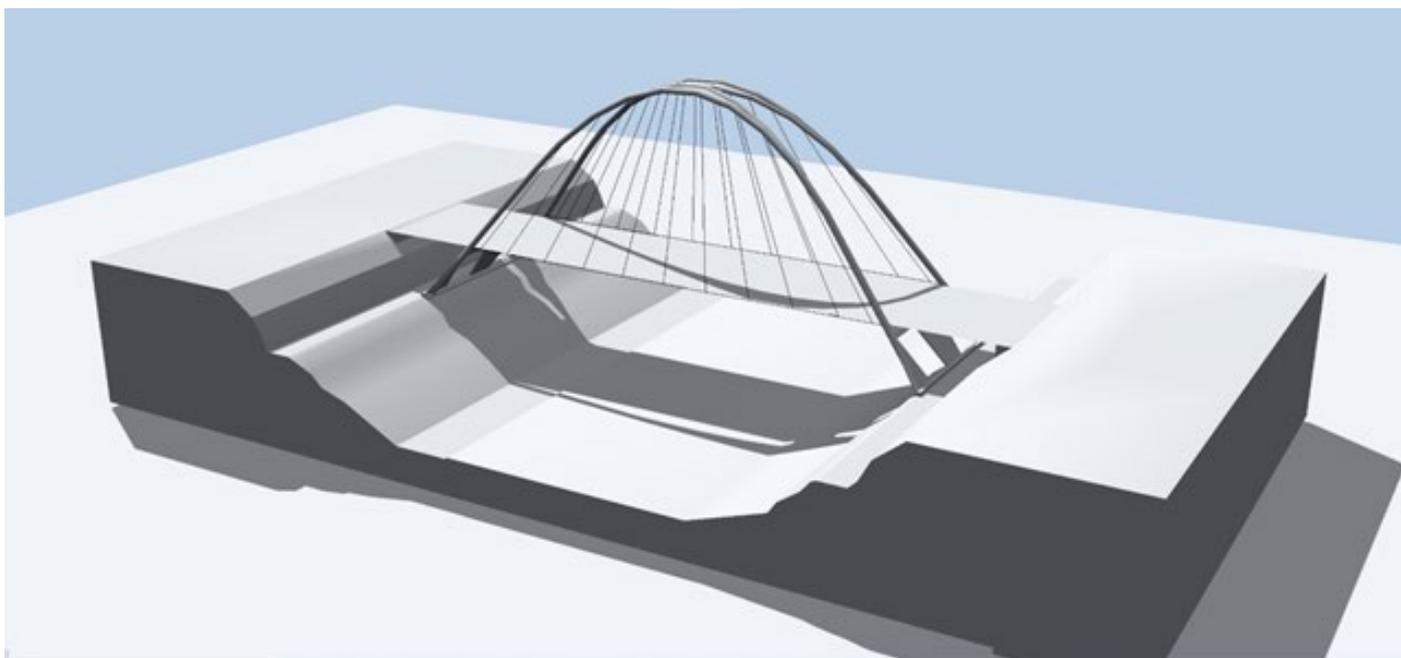
Una collaborazione basata sui modelli può avvenire all’interno di una o due fasi del ciclo di vita del progetto. Tra gli esempi ci sono lo scambio, tra progettazioni, di modelli di architettura e modelli di struttura, lo scambio, tra costruzione e progettazione, di modelli fissi e modelli strutturali e lo scambio, tra progettazione e operazione, di modelli di architettura e modelli di manutenzione di edifici. La maturità della fase 2 inoltre altera la granularità delle modellazioni compiute in ogni fase del ciclo di vita; infatti i modelli di costruzione altamente dettagliati avanzano e sostituiscono (parzialmente o completamente) i modelli di progettazione meno dettagliati.

La collaborazione basata sui modelli ha rappresentato un fattore che ha indotto il rintracciamento rapido e ha incoraggiato il cambiamento dell’intensità della modellazione all’interno di ogni fase del ciclo di vita. La rappresentazione sovrapposta è stata condotta da operatori delle costruzioni che hanno implementato livelli di costruzione in quantità sempre crescente pro curando importanti informazioni nei loro modelli di progettazione. Inoltre, i cambiamenti attraverso le fasi del ciclo di vita, hanno contribuito ad un arricchimento semantico del progetto ottenendo una costruzione sempre più dettagliata in cui i modelli di fabbricazione (as built) hanno sostituito, parzialmente, il modello di progettazione meccanica e strutturale a monte.

BIM FASE 3: INTEGRAZIONE BASATA SUL NETWORK

In questa fase sono stati creati, condivisi e mantenuti in un ambiente collaborativo i modelli integrati semanticamente arricchiti durante le fasi del ciclo di vita del progetto. Questa integrazione è stata raggiunta tramite l'utilizzo delle tecnologie del modello server, del database singolo/ integrato/ distribuito/ federalizzato e/o delle soluzioni cloud SAAS (software come servizio). Da una prospettiva di processo, lo scambio sincronizzato tra modello e dati basati sui documenti ha causato un'ampia sovrapposizione tra le fasi del ciclo di vita del progetto che quindi va a costituire un processo continuo privo di fasi.

In conclusione, la modellazione basata sugli oggetti è servita a rendere meno demarcate le linee di separazione tra le fasi del ciclo di vita del progetto. Attraverso la collaborazione basata sui modelli gli operatori del ciclo di vita sono stati messi nella condizione di muoversi nei territori altrui. Infine attraverso l'integrazione basata sui network si è implementato un modello di sovrapposizione integrata tra le costruzioni e le operazioni.



SCHEMATIZZAZIONE IN AMBIENTE BIM DEL NUOVO PONTE SUL FIUME ORETO (BASSO LOD)

LA GESTIONE INTEGRATA DELLE INFORMAZIONI, IL BIM COME SISTEMA DI SUPPORTO ALLE DECISIONI (DSS)

Per quanto sopra sintetizzato si ritiene che nella presente proposta progettuale il BIM abbia contribuito offrendo un controllo assoluto su ogni aspetto del progetto, consentendo di trasferire più efficacemente le conoscenze attraverso un processo tridimensionale integrato, permettendo di creare e gestire un'unica fonte aggiornata di informazioni per garantire l'integrità dei dati, una comunicazione efficace e una collaborazione fluida.

Si può infine assumere che l'adozione del processo BIM abbia aumentato la redditività degli investimenti in ogni ambito del progetto, consentendo di:

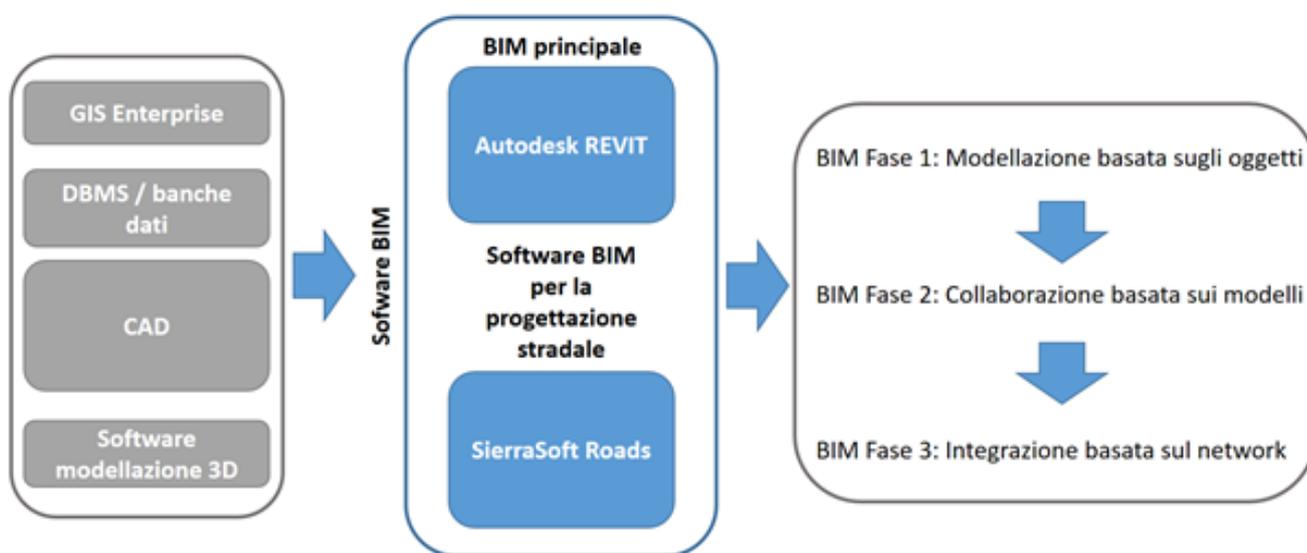
- incorporare la rilevazione automatica delle interferenze all'interno dei flussi di lavoro, per accelerare la pianificazione del progetto;
- tenere sotto controllo le problematiche cruciali di coordinamento tra tutte le professionalità e le discipline coinvolte;
- eseguire una stima più precisa dei costi e dei materiali, sfruttando i dati incorporati all'interno dei modelli 3D e offrendo un maggiore controllo sul budget;

- integrare la logistica nel piano generale BIM per sfruttare appieno le risorse e ridurre i costi;
- simulare le pianificazioni di costruzione in 4D, condividere i dati e prendere decisioni migliori (*Decision Support System – DSS*) e più consapevoli in tempo reale, eliminando costosi ritardi e rimaneggiamenti, garantendo il rispetto delle fasi cardine del progetto.

ARCHITETTURA SOFTWARE BIM/GIS/DBMS

Per assicurare una corretta gestione del progetto in tutte le sue fasi si è resa necessaria una riorganizzazione delle professionalità coinvolte e la correlata implementazione di una architettura software basata su una pila (“stack”) GIS di livello enterprise e sulla applicazione massiva del processo BIM applicato in chiave innovativa all’applicazione al caso di una complessa infrastruttura di trasporto in area metropolitana.

Analizzando l’infrastruttura nella sua complessità si puntualizza che all’interno della complessa architettura BIM implementata confluiscono dati provenienti anche da altre tipologie di applicazioni (software di modellazione 3D, database, fogli di lavoro, etc...).

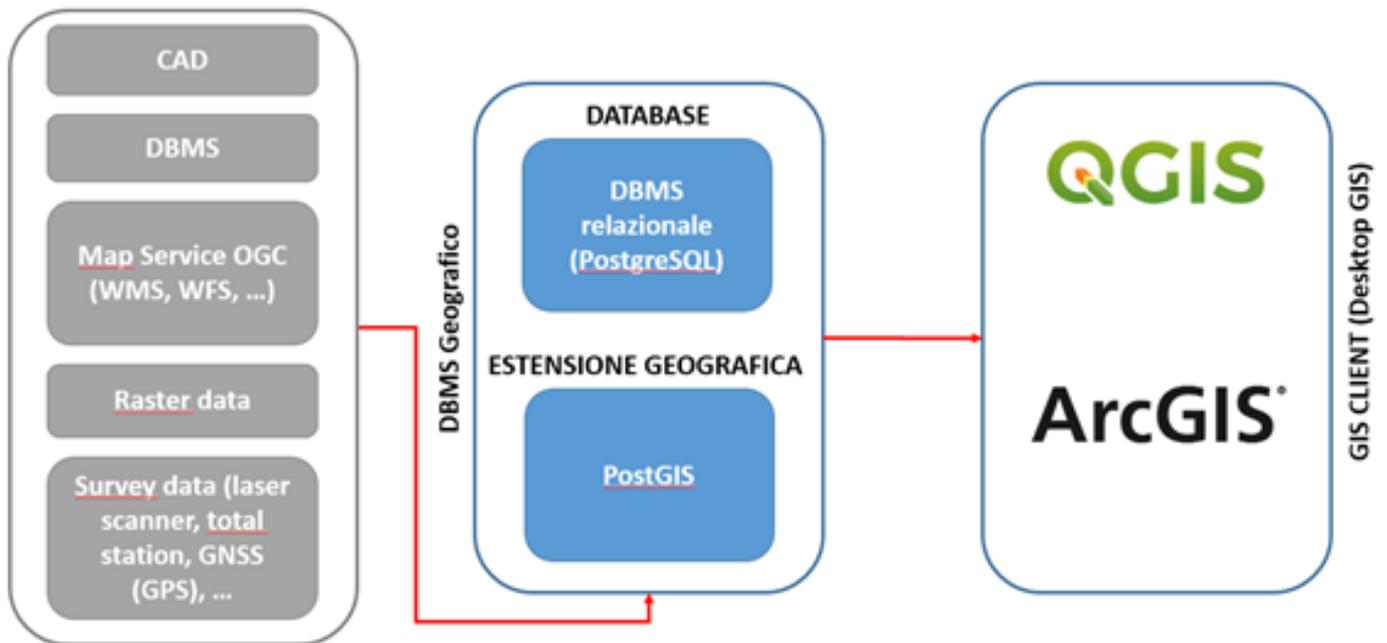


MODELLO RAPPRESENTATIVO DELLA ARCHITETTURA SOFTWARE CAD/GIS/BIM

Il “processo” BIM è stato interamente gestito attraverso gli applicativi REVIT della Autodesk e Roads della SierraSoft (software BIM per la progettazione di strade).

In questo contesto la scelta di implementare un ambiente di tipo Enterprise GIS ha costituito la premessa indispensabile per definire un sistema di componenti (materiali e immateriali) destinate a raccogliere, organizzare, analizzare e visualizzare l’informazione geografica attraverso un’architettura di rete distribuita, anche in conformità a quanto previsto dalla Direttiva Comunitaria INSPIRE.

Nello specifico, la pila di applicazioni che costituiscono l’ambiente GIS può essere riassunta come nella seguente figura:



Pila GIS Enterprise

Un'architettura come quella descritta costituisce, oggi, uno dei sistemi più avanzati per la gestione di progetti complessi in quanto consente:

- la possibilità di attuare il versioning multi-utente del progetto. Più utenti possono lavorare contemporaneamente sulla stessa tavola con la possibilità di seguire la cronologia dello sviluppo progettuale. Le transazioni sul database sono tutte tracciate.
- la condivisione, in locale, dei dati attraverso il protocollo TCP/IP (architettura client/server);
- di sfruttare le piene funzionalità dei database relazionali (backup, recovery, replication, SQL support, security,...);
- di implementare una banca dati di dimensioni potenzialmente illimitate.

Nel presente paragrafo si è cercato di riassumere la particolare applicazione condotta del processo BIM al caso di una infrastruttura di trasporto. Già dalla fase preliminare/strategica del progetto è stato implementato un processo BIM a basso LOD alimentato da vari applicativi tra i quali spicca una solida architettura GIS enterprise basata su DBMS geografico relazionale. L'implementazione di un processo BIM efficace ed efficiente ha richiesto innanzi tutto una riorganizzazione delle professionalità dello staff di progettazione il quale è stato arricchito dall'inserimento di un GIS Manager esperto in geomatica, di un BIM Manager e di un BIM Assembler. I vantaggi risultanti dal processo BIM sono risultati innegabili con riferimento a svariati aspetti gestionali e progettuali dell'opera alla quale, attraverso il BIM, è stata associata una vita digitale che si svilupperà parallelamente all'esistenza fisica. Attraverso il processo I-BIM l'intero ciclo di vita dell'opera potrà essere governato in ambiente digitale assicurando tempi certi per le fasi di progettazione e realizzazione.

CONSIDERAZIONI SULLA VITA UTILE DEL SISTEMA

Sulla base delle informazioni assunte presso società di TPL delle maggiori città occidentali, la vita utile del complesso infrastruttura - materiale rotabile è di gran lunga superiore a qualunque altro sistema di TPL urbano. Questa evidenza è rafforzata con l'impiego del sistema proposto in cui l'infrastruttura è priva di linea di contatto e i sistemi di sicurezza e segnalamento comunicano con tecnologia wireless.

Quanto sopra affermato è comprovato, ad esempio, dall'esperienza milanese, dove sono ancora in esercizio vetture costruite nel primo ventennio del secolo scorso.

