



COMUNE DI NAPOLI

V° DIREZIONE CENTRALE INFRASTRUTTURE

SERVIZIO PIANIFICAZIONE PROGRAMMAZIONE E PROGETTAZIONE DEL SISTEMA
DELLE INFRASTRUTTURE DI TRASPORTO

ATI
Progettisti:



SERVIZI DI ARCHITETTURA E INGEGNERIA PER LA RIQUALIFICAZIONE DELLA VIA
MARINA E L'AMMODERNAMENTO DELLA LINEA TRANVIARIA MUNICIPIO - SAN GIOVANNI

FASE 3 - PROGETTAZIONE ESECUTIVA

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

PARTE "B" - SEZIONE "C"

ARMAMENTO

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
ARCH. ELENA CAMERLINGO

IL CAPO PROGETTO
ARCH. SEBASTIANO FULCI

Progetto Architettonico-Urbanistico:

Arch. Sebastiano Fulci (capoprogetto)
Prof. Arch. Bruno Discepolo (progettazione urbana)
Arch. Alessandra Fasanaro (progettazione paesistica)
Prof. Arch. Leonardo Di Mauro (esperto di storia urbana)
Arch. Ives Couloume (esperto riqualificazione urbana)
Arch. Massimo Freni (progettazione architettonica)
Ing. Alfredo Druuca (progettazione urbanistica)

Collaboratori:

Archh. Giovanni Aurino, Alessia Cuomo, Giuseppina Ronga
Ingg. Saverio Latella, Davide Salvo
Geom. Marco Andreoni, Mirco Marzocchi

Progetto Ingegneristico:

Ing. Alessandro Piazza (PCM - Tracciato e sottoservizi)
Ing. Marco Damonte (Rapporti con Enti esterni)
Ing. Marcel Laurent (esperto progettazione sistemi di trasporto)
Ing. Ignazio Morici (viabilità e traffico)
Ing. Guido Ziccardi (esercizio tranviario)
Ing. Maurizio Falzea (armamento e strutture)
Ing. Ferdinando Graziano (elettrificazione tradizionale)
Ing. Gennaro Di Costanzo (impianti)
Ing. Leonardo Disa (impianti)
Ing. Manfredi D'Onofrio (idrologia/idraulica)
Dott. Maurizio Cice (geologia)
Ing. Luigi Gargiulo (coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione)

COMMESSA

RVM

FASE

PE

COMPARTO

ECO

DOCUMENTO

CT003

REV.

0

SCALA

—

NOME FILE

PE-ECO-CT-003-0.doc

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	08-06-06	EMISSIONE DEFINITIVA	PIAZZA	PIAZZA	FULCI
1					
2					

INDICE

ART. 1: GENERALITÀ	3
ART. 2: ARMAMENTO TIPO A E B	4
ART. 3: TIPOLOGIE DI ARMAMENTO LUNGO IL TRACCIATO	6
ART. 4: TIPO DI ROTAIA.....	6
ART. 5: ATTACCO DIRETTO PER ROTAIA. SISTEMA TIPO W 14 – REQUISITI.....	6
ART. 5.1: MANTENIMENTO DELLA GEOMETRIA DEL BINARIO.....	7
ART. 5.2: PROTEZIONE DELLA CAVIGLIA DALLE SOLLECITAZIONI LATERALI.....	8
ART. 5.3: ISOLAMENTO ELETTRICO SENZA ELEMENTI AGGIUNTIVI	8
ART. 5.4: REGOLAZIONE DELLO SCARTAMENTO	8
ART. 5.5: MONTAGGIO E SERRAGGIO DELLA MOLLA SKL 14	8
ART. 5.6: SICUREZZA ANTIRIBALTAMENTO DELLA ROTAIA	9
ART. 5.7: SICUREZZA CONTRO IL SOVRACARICO DELLA MOLLA ELASTICA.....	9
ART. 5.8. MANUTENZIONE E SOSTITUZIONE DEI COMPONENTI.....	9
ART. 5.9: DURABILITA'.....	9
ART. 5.10: POSA AUTOMATIZZATA E PREMONTAGGIO COMPONENTI	10
ART. 5.11: AFFIDABILITA' DEL PROCESSO DI PRODUZIONE	10
ART. 5.12: SOSTITUZIONE DELLA ROTAIA	10
ART. 5.13: SOLLECITAZIONI SULLA TRAVERSA	11
ART. 5.14: SOLLECITAZIONI ALLA SOTTOSTRUTTURA	11
ART. 5.15: RUMOROSITA' INTERNA ED ESTERNA AL CONVOGLIO	11
ART. 5.16: ISOLAMENTO ELETTRICO.....	12
ART. 5.17: POSA E MANUTENZIONE.....	12
ART. 6: SALDATURE ALLUMINOTERMICHE.....	12
ART. 7: RUMORE E VIBRAZIONI ED INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO.....	12
ART. 7.1: VIBRAZIONI.....	13
ART. 7.2: RUMORE	13
ART. 7.3: INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO	14
ART. 8: SCAMBI.....	16
ART. 8.1: CASSE SCAMBIO.....	16
ART. 8.2: CUORE	18
ART. 8.3: CASSE DI MANOVRA ELETTRICHE	18
ART. 9: COLLEGAMENTI TRA LE LINEE PER REALIZZAZIONE DI STRALCI FUNZIONALI ...	19
ART. 10: SISTEMI DI ARMAMENTO PROVVISORIO.....	19
ART. 10.1: SISTEMA DI ARMAMENTO CON ROTAIE RIVESTITE.	19
ART. 10.2: SISTEMA DI ARMAMENTO CON PLATEE PREFABBRICATE.	21

ART. 10.3: TAPPETINI ELASTICI IN TRUCIOLATO DI GOMMA PER ARMAMENTO PROVVISORIO	21
ART. 11: NORME PARTICOLARI PER LA VERIFICA DELL'EFFICIENZA DELL'ARMAMENTO ALLE PROVE VIBROMETRICHE ED ACUSTICHE.....	22
ART. 12: GESTIONE, CONDUZIONE E MANUTENZIONE DEGLI IMPIANTI SUCCESSIVAMENTE ALL'INIZIO DELLA GESTIONE DELL'ENTE - ADDESTRAMENTO DEL PERSONALE.....	23
ART. 13: NORMATIVA DI RIFERIMENTO	25

ART. 1: GENERALITÀ

L'armamento previsto nel progetto è stato esplicitamente pensato per soddisfare le problematiche connesse con l'impatto ambientale:

- rumorosità
- vibrazioni indotte.

Il tracciato della linea tranviaria della Via Marina è stato oggetto di una valutazione approfondita del problema del rumore e della propagazione delle vibrazioni del sottosuolo [cfr. All. RVM-PE-ARM-RL-002], come si evince dall'alternarsi delle soluzioni con e senza materassino antivibrante riscontrabile nelle planimetrie con le tipologie di armamento [cfr. All. RVM-PE-ARM-PL da 001 a 005].

L'approfondimento di tali problematiche, con la conseguente progettazione più dettagliata delle gomme antivibranti interessate dal sistema è contenuta nei Disciplinari Tecnici allegati al Progetto Esecutivo [cfr. disciplinari tecnici All. RVM-PE-ARM-DT-005 e 006].

Resta inteso che l'Amministrazione si riserva la facoltà di variare, a suo insindacabile giudizio, il tipo e l'estensione dei sistemi d'armamento previsti, nonché i vincoli per i cantieri e per le occupazioni delle aree stradali, senza che l'Impresa possa accampare riserve o chiedere maggiori compensi salvo l'aggiornamento dei tempi di esecuzione che verrà valutato dal Direttore dei Lavori in funzione del sistema d'armamento indicato, coerentemente con i tempi di avanzamento in base ai quali sono stati fissati quelli di consegna delle opere come dal programma.

Tale clausola si intende accettata dai partecipanti alla gara quale precisa alea contrattuale dei lavori in oggetto.

Per tutti i tipi di armamento lo scartamento del binario sia in retta che in curva dovrà essere di m. 1,435.

Per la misura di scartamento sono ammesse tolleranze di + 1,5 mm e - 1 mm.

Ove si riscontrassero differenze nelle misure sopraindicate o tolleranze superiori a quelle ammesse, sia in corso d'opera che in fase di collaudo, sarà ordinata la correzione a cura e spese dell'Impresa, anche se ciò dovesse comportare l'esecuzione ex novo del binario.

ART. 2: ARMAMENTO TIPO A E B

Il progetto prevede un armamento basato su un sistema tipo "massivo" in cui la massa flottante in caso di materassino antivibrante è di circa 3 t/m. di binario semplice (m.b.s.) con le seguenti fasi di posa:

- dopo la demolizione delle pavimentazioni stradali e dello scavo per raggiungere l'altezza necessaria alla realizzazione del "pacchetto" appresso descritto, si procede alla compattazione del sottofondo provvedendo ad eventuali bonifiche mediante stabilizzato di cava qualora la portanza dello stesso non risulti soddisfacente;
- terminata la fase di preparazione del fondo si provvede alla stesura di T.N.T. (400 g/mq);
- si getta una soletta di cls Rbk 25 kN/mm² dello spessore di 20 cm armata con doppia rete elettrosaldata Ø 8 20x20 (tale getto è definito getto di "primo livello"). Questa soletta in casi eccezionali (protezione di sottoservizi, particolari condizioni geotecniche) può essere aumentata di spessore e di armatura, tuttavia nel lotto di doppio binario trattato nel progetto esecutivo non ricorrono eccezioni allo spessore ed alla armatura sopra citati.
- si posa, in caso di **armamento di tipo B**, l'elastomero a "celle chiuse" dello spessore di 30 mm. [cfr. disciplinare tecnico All. RVM-PE-ARM-DT-005]. Tale materassino verrà preventivamente steso sulla soletta e saldato con colle opportune. I risvolti verticali verranno stesi e saldati alle casseforme per il getto di "secondo livello".
- si stende una guaina isolante (foglio di polietilene) che nel caso di armamento di tipo A servirà a separare i due getti (di primo e secondo livello) mentre nel caso di armamento di tipo B servirà a proteggere il materassino dal getto di "secondo livello";
- si effettua, solo in caso di **armamento di tipo B**, una prima parte dello spessore di 7 cm del getto di "secondo livello" per proteggere il materassino dalle successive fasi di posa.
- ciò fatto vengono posate sulla predetta soletta (o sulla prima parte di getto di secondo livello in caso di armamento di tipo B) le traversine monoblocco poste ad interasse di 0,70 (0,66 limitatamente ai tratti in curva), sulle quali

vengono posate le rotaie (tipo Ir2 - UNI 3142) fissate alle piastre con attacchi tipo Vossloh SLK14 o attacchi tipo Vossloh E14 in caso di armamento di tipo B [cfr. disciplinari tecnici All. RVM-PE-ARM-DT-003 e 004].

- legate, a scartamento, le rotaie alle traversine si passa alla messa in quota del piano del ferro mediante il sollevamento del sistema tramite vitoni passanti che si avvitano e si svitano mediante dei bulloni filettati che sono incorporati nell'armatura delle traversine[cfr. specifica tecnica All. RVM-PE-ARM-SP-001 e disegni All. RVM-PE-ARM-PA da 001 a 003].
- controllato lo scartamento, l'allineamento e la quota del piano del ferro, si predispongono i ferri di armatura longitudinali e trasversali del getto di "secondo livello"; di quest'ultimi, alcuni sono passanti tra le traverse attraverso dei fori predisposti., dopo si procede al getto del calcestruzzo dello spessore di 30/35cm. passante attraverso i fori delle traverse e inglobante i ferri passanti nelle stesse. Ogni 4,80 m. viene creato un giunto di costruzione in modo tale da creare una sorta di platea gettata in opera. Ai quattro spigoli della "platea" sono collocati quattro golfari per il sollevamento della stessa in caso di manutenzione straordinaria (sostituzione del materassino).
- ultimato il getto che ingloba le traversine (con estradosso a – 1cm rispetto all'estradosso delle traversine) si procede all'esecuzione delle saldature alluminotermiche [cfr. disciplinare tecnico All. RVM-PE-ARM-DT-002].
- Terminata la ulteriore regolazione delle rotaie e dello scartamento si predispongono i due profili laterali in gomma per ogni rotaia già posizionate lungo la sede [cfr. disciplinare tecnico All. RVM-PE-ARM-DT-006].
- infine si esegue la finitura superiore con pavimentazione stradale in asfalto o in terreno inerbato o in pietra e/o blocchetti di pietra.

L'armamento tipo B, che prevede la posa degli elastomeri, è stato impiegato solo dove gli effetti vibrazionali potrebbero interessare i fabbricati esistenti lungo il tracciato della tranvia. La rigidità delle parti elastiche è stata definita nella relazione sulla mitigazione [cfr. All. RVM-PE-ARM-RL-002] in funzione della natura dei terreni su cui si va a posare il sistema, e delle masse in gioco.

E' onere inderogabile dell'impresa aggiudicatrice di produrre prima dell'inizio effettivo delle lavorazioni i progetti costruttivi che dovranno essere approvati dalla Direzione dei lavori.

ART. 3: TIPOLOGIE DI ARMAMENTO LUNGO IL TRACCIATO

Il tracciato parte da Piazza Municipio e, dopo l'immediata deviazione da centro strada a lato monte, percorre per quasi 1,5 Km la Via Marina sino all'incrocio con il Corso Garibaldi nella configurazione smorzata, vista la vicinanza con gli edifici e con i Torrioni.

Tutte le tratte sono state individuate con precisione nella planimetria con le tipologie di armamento con riferimento alle progressive di inizio e fine di ciascuna tratta.

Nelle stesse si sono indicate le differenti tipologie di finitura superficiale [cfr. disegni All. RVM-PE-ARM-PL da 001 a 005].

ART. 4: TIPO DI ROTAIA

Il tipo di rotaia prevista per la linea tranviaria è quella oggi utilizzata dalla ANM in modo da garantire facilità di ricambi e una completa compatibilità con l'esistente (Ir2 normata dalla UNI - UNIFER 31342/96) [cfr. disciplinare tecnico All. RVM-PE-ARM-DT-001].

In ragione della presenza delle altre linee tranviarie in esercizio è previsto il recupero per il riutilizzo delle rotaie ,delle traversine monoblocco e degli scambi, e di eventuali organi accessori che verranno quindi smontati con le precauzioni del caso, trasportati nella sede di stoccaggio che verrà individuata dall'Ente gestore A,N.M. ,senza ulteriori oneri a carico dell'Ammistrazione.

ART. 5: ATTACCO DIRETTO PER ROTAIA. SISTEMA TIPO W 14 – REQUISITI.

I requisiti richiesti agli attacchi per rotaie si possono sintetizzare in:

- mantenimento della geometria del binario*
- protezione della caviglia dalle sollecitazioni laterali*
- isolamento elettrico senza deboli accessori aggiuntivi (spessori-cappucci)*
- battuta di fermo nella posizione di serraggio ottimale*

- sicurezza contro il ribaltamento della rotaia
- sicurezza contro il sovracarico della molla elastica
- eliminazione della manutenzione
- facile sostituibilita' di tutti i componenti
- regolazione dello scartamento (standard 1425-1445mm)
- durabilita' almeno trentennale
- semplicita' di installazione con macchine di posa automatiche
- affidabilita' del processo di produzione traversa/attacco
- premontabilita' dei componenti che facilita la posa
- facile sostituzione della rotaia senza smontaggio dell'attacco
- elasticizzare i singoli attacchi per distribuire il carico assiale su un maggior numero di traverse
- ridurre le sollecitazioni trasmesse dal sistema ruota- rotaia alla traversa
- smorzare le vibrazioni ad alta frequenza prodotte dal traffico veloce che accelerano il degrado del pietrisco.
- contenere la rumorosita' interna al convoglio per il confort degli utenti
- contenere la rumorosita' esterna al convoglio per il rispetto delle norme ambientali

L'ultima generazione di SISTEMI tipo il W 14, in esercizio dall'inizio degli anni 90, rispondono in modo positivo ai requisiti richiesti.

Si prendono in esame i singoli aspetti per meglio evidenziarli

ART. 5.1: MANTENIMENTO DELLA GEOMETRIA DEL BINARIO

Il giusto posizionamento del fissaggio sul manufatto di c.a.p., le cui dimensioni sono verificate nella cassaforma e nella realizzazione della preserie, viene garantito dal piastrino di guida la cui fabbricazione ha tolleranze estremamente affidabili e controllate

Ciò garantisce di ottenere e mantenere lo scartamento previsto.

L'inserito filettato inglobato su cui si avvita la caviglia ha un posizionamento facile e preciso ma, anche nel caso fosse posizionato a profondità non esatta, si determinerebbe solo la necessità di avvitare più o meno la caviglia senza influire sulla efficienza del sistema.

ART. 5.2: PROTEZIONE DELLA CAVIGLIA DALLE SOLLECITAZIONI LATERALI

Il piastrino di guida si posiziona sulla sede appositamente prevista sulla traversa. Il foro di passaggio della caviglia ha un diametro superiore a quello della caviglia con lo scopo di non assoggettare la stessa a urti a taglio. Il piastrino trasferisce i carichi orizzontali sulla spalla di cemento esterna.

ART. 5.3: ISOLAMENTO ELETTRICO SENZA ELEMENTI AGGIUNTIVI

L'insieme costituito dal tassello inglobato nel cemento, dal piastrino di appoggio della molla di fissaggio e dalla sottorotaia, isola completamente la rotaia essendo realizzato in materia plastica le cui capacità di isolamento sono riconosciute. Nessuno di questi elementi è perdibile senza lo svitamento totale della caviglia. Non esiste quindi la possibilità di rottura o di fuoruscita di isolatori aggiunti come in altri sistemi di fissaggio.

Infatti, in taluni sistemi di fissaggio presenti sul mercato, l'impiego di isolatori tra la rotaia e la molla di ancoraggio hanno uno spessore che partecipa alla pressione di serraggio per cui la loro deformazione, la loro abrasione, la loro assenza o la loro rottura, possono compromettere gravemente l'efficienza

ART. 5.4: REGOLAZIONE DELLO SCARTAMENTO

Con una opportuna gamma di piastrini di guida è possibile variare lo scartamento con valori compresi tra 1425 mm e 1445 mm -

ART. 5.5: MONTAGGIO E SERRAGGIO DELLA MOLLA SKL 14

La forza di pressione massima sulla rotaia e quindi il giusto serraggio, si ottiene avvitando la caviglia sino a quando la spira centrale della molla arriva in battuta ricavata sul piastrino di isolamento (con 270-300 Nm)

Quando fosse necessaria una pressione minore (es. scorrimento della rotaia), la si può ottenere fermando l'avvitamento ad un punto della corsa corrispondente al valore di pressione richiesto.

ART. 5.6: SICUREZZA ANTIRIBALTAMENTO DELLA ROTAIA

Lo sviluppo della molla è costituito da due bracci esterni che svolgono la funzione elastica e da una nervatura interna rigida. Quest'ultima presenta una leggera inclinazione che, quando la molla è in battuta, la mantiene a circa 1mm sopra al piede della rotaia. Nella eventualità di un carico che faccia alzare il piede della rotaia in modo anomalo, la nervatura rigida lo blocca.

ART. 5.7: SICUREZZA CONTRO IL SOVRACARICO DELLA MOLLA ELASTICA

La nervatura rigida interna sopra menzionata, oltre a impedire il ribaltamento della rotaia, è posizionata in modo che i bracci elastici della molla possano compiere una corsa di circa 14,5 mm mentre impedisce di superare questo valore. Nell'ambito di questa escursione elastica non viene mai raggiunto il limite di deformazione permanente della molla. Ciò assicura il mantenimento costante delle condizioni di tenuta del sistema traversa-rotaia.

ART. 5.8. MANUTENZIONE E SOSTITUZIONE DEI COMPONENTI

La corretta installazione iniziale, con il controllo visivo della molla in battuta, consente di assicurare l'efficacia della funzione e garantirne la sua permanenza per un tempo indefinito. (le disposizioni operative della DB dicono espressamente che l'attacco non richiede manutenzione)

Nel caso accidentale che, uno o più componenti venissero danneggiati, con lo svitamento della caviglia si può provvedere alla loro sostituzione. Anche il tassello inglobato nella traversa può essere sostituito. Resta immediatamente evidente che danni o rotture del fissaggio permettono sempre il recupero della traversa.

ART. 5.9: DURABILITA'

La curabilità richiesta è di almeno 30 anni. Esperienze ultratrentennali dimostrano infatti che l'obiettivo di efficienza previsto nello sviluppo di prodotti tipo W14 è stato già raggiunto in tutti i suoi aspetti.

ART. 5.10: POSA AUTOMATIZZATA E PREMONTAGGIO COMPONENTI

Non esistono difficoltà ad una automazione della posa del binario. Questa operazione è facilitata dalla possibilità di premontare i componenti durante la fabbricazione delle traverse eliminando quindi anche i problemi logistici della distribuzione dei particolari lungo la linea e riducendo in modo sensibile i costi di posa. Nel caso di armamenti tranviari è conveniente che gli organi di attacco siano recapitati in officina per essere assemblati alle traverse, mentre è improbabile che possano essere assemblati in opera con mezzi automatici.

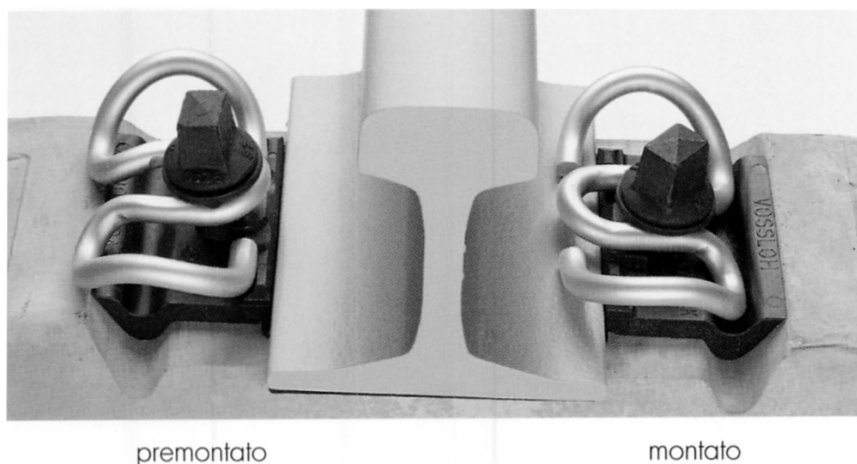
ART. 5.11: AFFIDABILITA' DEL PROCESSO DI PRODUZIONE

Realizzato il cassero nelle dimensioni e tolleranze previste, la traversa non è più soggetta ad errori per il posizionamento degli attacchi. Essendo la sede di appoggio della molla e di avvitatura della caviglia in plastica, si riesce a rispettare tolleranze di fabbricazione non ottenibili con inglobati in lamiera tranciata e piegata. Questi ultimi si sono dimostrati spesso causa di inaffidabilità di processo e ha talvolta richiesto di adattare le tolleranze di accettazione delle traverse ai limiti della produzione delle stesse più che alle esigenze del loro impiego.

ART. 5.12: SOSTITUZIONE DELLA ROTAIA

Per lavori che richiedano la rimozione della rotaia non risulta necessario togliere l'attacco ma è sufficiente svitare di due giri la caviglia, far slittare verso l'esterno la molla e liberare così la rotaia che può essere sollevata senza interferenze del fissaggio.

Come si può vedere in figura la molla tende a disimpegnare la rotaia che può essere sollevata e riposizionata senza togliere completamente l'organo di attacco.



ART. 5.13: SOLLECITAZIONI SULLA TRAVERSA

La rotaia trasmette i carichi impulsivi delle ruote sulla traversa. Al fine di evitare rotture o rapido degrado occorre assorbire gli urti o ridurne, almeno parzialmente gli effetti, con un elemento elastico che possa assorbirli. La condizione ottimale si avrebbe con un abbassamento, sotto carico, compreso tra 1 /1,5mm. L'escursione elastica di attacchi tipo il W14 ha consentito di usare sottorotaie ad alta elasticità Zw 900/60 con valori di rigidità secante statica ≤ 65 kN/mm.

La necessità di ottemperare a questo requisito ha richiesto di conformare i bracci elastici della molla in modo da consentire una ampiezza di oscillazione di almeno 2,0 mm da verificarsi su almeno 5 mil. di cicli.

ART. 5.14: SOLLECITAZIONI ALLA SOTTOSTRUTTURA

Per evitare il degrado della sottostruttura dovuto alle vibrazioni trasmesse dalle vetture al binario si è adottato un sistema più elastico che assorba quindi le vibrazioni.

ART. 5.15: RUMOROSITA' INTERNA ED ESTERNA AL CONVOGLIO

I benefici che i componenti plastica/gomma comportano, sia nella produzione delle vibrazioni, sia nel loro assorbimento, sia nella loro trasmissione, sono facilmente intuibili come sono intuibili i benefici effetti nell'ambiente esterno sia all'interno dei convogli.

ART. 5.16: ISOLAMENTO ELETTRICO

I componenti in plastica e la loro affidabilità rendono i sistemi tipo W14 adatti ai moderni apparati di segnalamento. Dovranno essere soddisfatte tutte le prescrizioni imposte dalla normativa vigente sull'argomento.

ART. 5.17: POSA E MANUTENZIONE

Per maggiori dettagli sia sulle modalità di posa che di manutenzione cfr. All. RVM-PE-ARM-DT-003.

ART. 6: SALDATURE ALLUMINOTERMICHE

Le saldature sono state previste tutte del tipo alluminotermico [cfr. disciplinare tecnico All. RVM-PE-ARM-DT-002].

Per la valutazione numerica in sede di computo metrico si è assunto, come generalmente accertato, di avere una saldatura ogni 18 mt in rettilineo ed una ogni 9 mt in curva.

Le Saldature alluminotermiche saranno comprese di tutto il materiale occorrente, mano d'opera e attrezzatura (secondo le prescrizioni dell'Art.113 del Capitolato Speciale SMIC n°321), e saranno considerate per intervalli diurni superiori a ore 4,30 e per rotaie a gola di qualunque tipo.

ART. 7: RUMORE E VIBRAZIONI ED INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO

Nella realizzazione di una moderna linea ferrotranviaria oltre agli aspetti di funzionalità ed efficienza del materiale rotabile è necessario disporre di un binario che oltre a garantire adeguate condizioni di guida minimizzi il potenziale disturbo a persone e strutture.

Come noto con l'attivazione di una linea tranviaria (o nel caso di sostituzione di una tratta come nel caso della Via Marina), insieme agli innegabili benefici ambientali rispetto agli invasivi veicoli su gomma, si possono creare disagi a causa di:

- Vibrazioni connesse a difettosità del contatto ruota-rotaia;
- Rumorosità di tipo "solido" generata dalle vibrazioni e di tipo "aereo" generato ad esempio dal funzionamento dei motori;

- Inquinamento elettromagnetico generato in particolare dalle correnti disperse dalla rete di alimentazione dei motori.

ART. 7.1: VIBRAZIONI

In termini vibrazionali il sistema proposto in presenza dell'elastomero espanso a celle chiuse è quanto di meglio la tecnica mette a disposizione.

Infatti già la gomma sotto rotaia è più che sufficiente al contenimento degli effetti vibrazionali in particolar modo nel caso dell'attacco elastico tipo W E 14.

La massa costituita dal solettone (getto di secondo livello) di cui si è detto, in presenza dell'elastomero espanso a celle chiuse, riduce ulteriormente le vibrazioni indotte, in maniera più consistente, (per i limiti degli smorzamenti prefissati. cfr. All. RVM-PE-ARM-RL-002).

A minimizzare il disturbo vibrazionale – controllato da diverse normative quali la UNI 9614 (1), UNI 9916 (2) e UNI 10985 (3) – risultano quindi determinanti gli elastomeri utilizzati nei sistemi di ancoraggio delle rotaie e gli eventuali materassini interposti tra il binario ed il piano di appoggio nel funzionamento a platea flottante.

Il combinato effetto dei due livelli di elasticità – maggiore è la deformabilità migliore è la capacità di attenuare le vibrazioni – determina la capacità antivibrante del binario minimizzando il disturbo alle persone ed il potenziale danno alle strutture limitrofe in particolare se con elevata sensibilità quali gli edifici storici e monumentali.

ART. 7.2: RUMORE

Il rumore è provocato dal contatto ruota/rotaia e dipende dal grado di ammaloramento dei binari e delle ruote.

Anche la rumorosità di tipo "solido" – regolamentata dalla Legge n. 447/1995 (4) e dai DPCM 01.03.91 (5) e DPCM 14.11.97 (6) - risulta soggetta agli stessi principi della vibrazione, per cui risultano determinanti gli elastomeri degli attacchi e della platea flottante.

Si debbono infatti limitare le eccitazioni locali della rotaia in corrispondenza degli organi di attacco per ridurre l'emissione acustica della stessa in particolare con le vibrazioni trasversali del gambo; allo stesso fine si utilizzano profili in gomma che la rivestono totalmente disaccoppiandola meccanicamente dall'ambiente.

Risulta necessario evidenziare come un sistema elastico di attacco delle rotaie, nel limite ovviamente della sicurezza della circolazione, risulti determinante nel ridurre la formazione di difettosità quali la marezzatura delle rotaie e la sfaccettatura delle ruote, origini prime di vibrazioni e rumori dannosi sia ai passeggeri che ai residenti.

Proprio per tali difettosità si rendono necessarie le onerose operazioni di manutenzione (molatura) che limitano l'utilizzabilità della linea e dei mezzi in circolazione.

Anche il rumore derivante dal sottocassa della vettura può essere notevolmente ridotto all'occorrenza con i sistemi di finitura (specialmente il prato) e con entrambi i tipi di armamento la rumorosità tende a diminuire sensibilmente [cfr. All. RVM-PE-ARM-RL-002].

ART. 7.3: INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO

Relativamente all'isolamento elettrico delle rotaie utilizzate sia come mezzo di trasmissione dei segnali che di alimentazione di potenza risulta determinante evitare qualsiasi contatto con elementi di elevata conducibilità elettrica quali essenzialmente i metalli.

Come noto infatti nei sistemi ferrotranviari in cui le rotaie di corsa assolvano anche la funzione di conduttore di ritorno, le correnti disperse rappresentano un problema difficilmente eliminabile con potenziale corrosione degli impianti stessi nonché delle strutture metalliche presenti in modo diffuso nel sottosuolo delle aree urbane.

Connesse all'esercizio tranviario sono inoltre da valutare le emissioni di campo elettromagnetico nell'intervallo 9kHz ÷ 30MHz per il campo magnetico H (componente orizzontale) e 30MHz ÷ 1 GHz per il campo elettrico E (componente verticale).

Numerose sono le normative di riferimento quali CEI EN 50121-2 (7), CEI EN 50122-2 (8), CEI 9-20/1 (9)

Per limitare al meglio i problemi connessi alla presenza di correnti elettromagnetiche risultano determinanti non solo gli elastomeri degli attacchi ed i

profili di rivestimento delle rotaie ma anche l'eliminazione di ponti di elevata conduttanza elettrica tra le rotaie e tra queste e l'ambiente.

Nel fissaggio con componenti metallici delle singole rotaie alla traversa e nella connessione tra le due rotaie si possono realizzare quelle situazioni che provocano sia cortocircuiti tra le rotaie che la dispersione di correnti di potenza all'ambiente.

L'adozione di uno sperimentato isolamento degli elementi metallici di connessione delle rotaie alla traversa – caviglie – per mezzo di tasselli in polietilene ad alta densità caratterizzati da una resistenza elettrica di volume sino a 1000 MΩ garantisce sicuri livelli di isolamento insieme alla sezione della traversa in calcestruzzo omogeneo in cui le ridotte sezioni metalliche di armatura non sono in alcun modo a contatto con i componenti l'organo di attacco.

Tali soluzioni tipologiche realizzate con attacchi tipo quelli scelti in progetto sono stati provati e certificati con le più severe prove di qualificazione europee quali le UNI-EN 1320

Elevate prestazioni – praticamente al vertice delle applicazioni più sperimentate – si ottengono con soluzioni di armamento illustrate nelle figure caratterizzate da:

- Attacchi elastici di rigidezza $k_s = 24 \text{ kN/mm}$ con limite di ribaltamento della rotaia
- Attacchi regolabili planimetricamente ed altimetricamente per correggere eventuali errori di posa e/o assestamenti del piano di posa
- Attacchi isolati elettricamente dal corpo delle traverse mediante speciali tasselli in polietilene ad alta densità
- Traverse monoblocco con armature metalliche isolate mediante ricoprimenti di calcestruzzo secondo prescrizioni RFI ed UNI-CEN
- Platea flottante su materassino elastomerico così da ottenere una frequenza propria di disaccoppiamento pari a 10 Hz

Guanciali in gomma continui lungo la rotaia e per l'intero sviluppo immerso nel binario caratterizzati da elevato isolamento elettrico così da limitare al meglio le correnti disperse e l'inquinamento elettromagnetico anche in presenza di pavimentazione, verde inerbito e sfavorevoli condizioni climatiche/ambientali.

1. UNI 9614 – Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo
2. UNI 9916 – Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici
3. UNI 10985 – Vibrazioni su ponti e viadotti – Linee guida per l'esecuzione di prove e rilievi dinamici
4. Legge n. 447/1995 – Legge quadro sull'inquinamento acustico
5. DPCM 01.03.91 – Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno
6. DCPM 14.11.97 Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore
7. CEI EN 50121-2 Emissioni dell'intero sistema ferroviario verso l'ambiente esterno
8. CEI EN 50122-2 Protezione contro gli effetti delle correnti vaganti causate da sistemi di trazione a corrente continua
9. CEI 9-20/1 Sistemi con tensione nominale di linea sino a 1500 V

ART. 8: SCAMBI

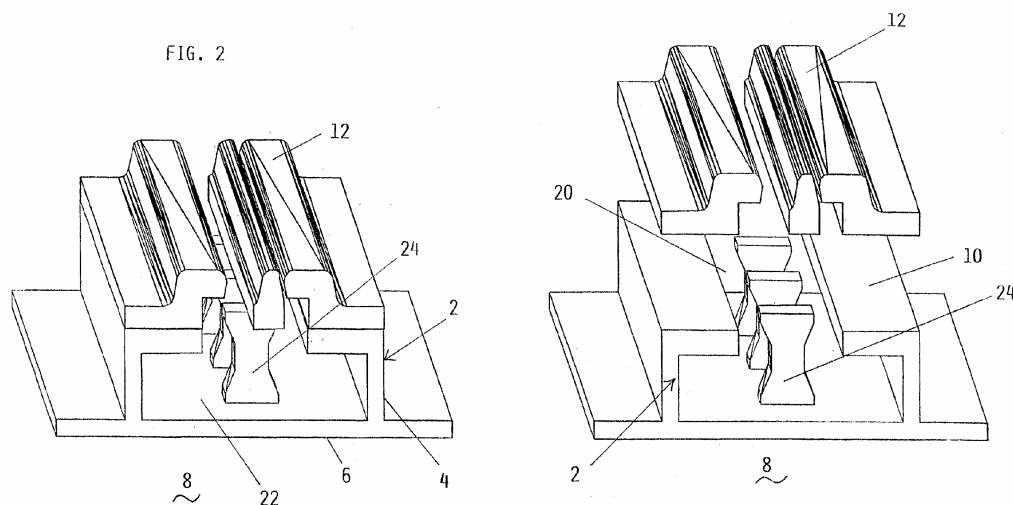
Gli scambi sono composti da tre elementi distinti:

- Casse scambio;
- Cuore;
- Cassette di manovra;

E' onere inderogabile dell'impresa aggiudicatrice di produrre prima dell'inizio effettivo delle lavorazioni i progetti costruttivi che dovranno essere approvati dalla Direzione dei lavori.

ART. 8.1: CASSE SCAMBIO

Gli scambi a lingue elastiche sono costituiti dall'assemblaggio di rotaie a gola con profilo speciale, nato appositamente per la realizzazione delle campate mobili dei deviatori tranviari.



Il profilo B1, in acciaio A800 N/mm² (pos. 12) e in acciaio A900 N/mm² (ago mobile) assieme al piatto di scorrimento della lingua, in XAR400 (pos. 10), alla struttura di supporto in lamiera Fe 510 (pos. 2-4-6) di tipo scatolato per l'ancoraggio ed appoggio dei componenti di rotaia, che sono di facile sostituzione, e ai gambini di raccordo costruiti con rotaia Ir2 in acciaio A900 N/mm², costituiscono la semicassa.

Le lingue (aghi) possono anche essere fornite in acciaio fuso al manganese. L'ago scorre nella parte di maggior spostamento, su delle isole (pos. 24), in modo da permettere agli eventuali corpi estranei di cadere all'interno dello scatolato, che presenta in tale zona un vano denominato "serbatoio" (pos.22), senza depositarsi sul piano di scorrimento e quindi senza causare interferenze alla manovra dell'ago. (Vedi Fig. sopra).

La zona serbatoio può essere collegata alla rete fognante e può essere munita di impianto idrico per un veloce lavaggio.

Accorgimenti questi che incidono in maniera notevole sia sul piano della sicurezza che della normale manutenzione.

Le caratteristiche dei materiali componenti gli scambi consentono una buona saldabilità e compatibilità con le rotaie a gola Ir e Ir2 impiegate nella tratta in progetto.

Lo scambio dovrà essere completo dei relativi organi di attacco (piastre Ri60 – piastre speciali -attacchi elastici VossIho - piastre in gomma - chiavarde CK1 - caviglie 24M – ganasce, chiavarde e rondelle per le giunzioni)

Ciascuna semicassa sarà ottenuta tramite fresatura da un unico blocco (profilo CC379). Particolare cura sarà posta al piano di appoggio dell'ago che sarà completamente fresato onde ottenere un perfetto piano di appoggio.

Gli aghi saranno di facile sostituzione senza alcun intervento sulla pavimentazione circostante e saranno realizzati in acciaio di qualità A900.

ART. 8.2: CUORE

Il cuore (incrocio) tranviario dovrà essere realizzato con massello BL180-260, assemblato mediante saldatura alluminotermica con gambini in massello BL180-105. Dette saldature dovranno essere sottoposte a scrupolosi controlli mediante ultrasuoni e magnetoscopi

I profili BL180-260 e BL180-105, in acciaio di qualità 880 N/mm², verranno opportunamente lavorati con asportazione di truciolo mediante frese a CNC.

Il cuore dovrà essere completo dei relativi organi di attacco (piastre Ri60 – piastre speciali - attacchi elastici Vossloh - piastre in gomma - chiavarde CK1 - caviglie 24M – ganasce, chiavarde e rondelle per le giunzioni)

In alternativa, alle stesse condizioni economiche, dovrà essere possibile utilizzare a discrezione della DL incroci di tipo monoblocco al manganese con percentuale compresa tra il 12 e il 14%.

Al blocco centrale verranno saldati tramite saldature elettriche i gambini che saranno realizzati con rotaia Ir2.

Per una trattazione esaustiva sulle caratteristiche tecniche degli scambi cfr. Disciplinare tecnico scambi ed incroci All. RVM-PE-ARM-DT-008

Per una rappresentazione esaustiva degli stessi cfr. la "Pianta e sezioni di dettaglio scambio R 20" All. RVM-PE-ARM-PL-007 e la "Pianta e sezioni di dettaglio scambio R 50" All. RVM-PE-ARM-PL-008.

ART. 8.3: CASSE DI MANOVRA ELETTRICHE

Le cassette di manovra saranno tipo Contec come da descrizione tecnica contenuta nel "Disciplinare tecnico scambi ed incroci" All. RVM-PE-ARM-DT-008

ART. 9: COLLEGAMENTI TRA LE LINEE PER REALIZZAZIONE DI STRALCI FUNZIONALI

Pur non essendo stati attualmente previsti nel progetto esecutivo è probabile che in fase di appalto l'amministrazione intenda procedere per stralci esecutivi. In tal caso occorrerà effettuare un collegamento tra la nuova linea e la linea in esercizio nel minor tempo possibile e con caratteristiche prestazionali leggermente differenti da quelle previste per i componenti dell'armamento di tipo A e B (armamento provvisorio).

Di seguito si caratterizza l'armamento che si ipotizza con un sistema innovativo in cui la rotaia viene posta in opera senza traversine ed annegata nel calcestruzzo o in alternativa, negli incroci più impegnativi, mediante lastre in c.a. prefabbricate con le rotaie già annegate a scartamento.

Nel caso di uso di tale armamento si prevede l'accoppiamento con un tipo di materassino più povero di cui si definiscono le caratteristiche. Tali materiali avranno infatti una vita media molto inferiore a quella della linea e pertanto potranno essere realizzati con materiali meno pregiati ma con caratteristiche prestazionali equivalenti.

Tali collegamenti potranno essere realizzati temporaneamente e dimessi o recuperati ed utilizzati successivamente dall'azienda di gestione per interventi di emergenza lungo le linee della rete tranviaria attuale.

E' onere inderogabile dell'impresa aggiudicatrice di produrre prima dell'inizio effettivo delle lavorazioni i progetti costruttivi che dovranno essere approvati dalla Direzione dei lavori.

ART. 10: SISTEMI DI ARMAMENTO PROVVISORIO.

L'impresa potrà utilizzare due differenti tipi di sistemi di armamento provvisori, a seconda che si pensi di intervenire su una tratta limitata che interessa solo l'incrocio (platee prefabbricate) o una tratta più lunga di raccordo tra la nuova linea e la linea esistente (rotaie rivestite).

ART. 10.1: SISTEMA DI ARMAMENTO CON ROTAIE RIVESTITE.

E' una soluzione strutturale di posa di binario basata su tecniche del bendaggio dei binari. Il principio progettuale si basa su un particolare sistema di profili avvolgenti

della rotaia, per mezzo dei quali la rotaia è completamente rivestita, assicurandone così la chiusura in tutte le direzioni e il disaccoppiamento completo dall'ambiente esterno (protezione elettrica e da vibrazione).

Per la rotaia Ir2) viene realizzata su misura una specifica forma di profilo avvolgente, che assicura una trasmissione ottimale di carico verso la struttura portante. Il principio è applicato soprattutto per binari interrati che utilizzano rotaie a gola in ambiente urbano con uso multi-modale (traffico tranviario ed altro).

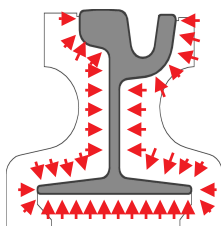
Il binario dovrà essere consegnato in sito già rivestito con i profili sagomati. Questi profili sono realizzati con granuli fini di gomma riciclata incollati per mezzo di una resina ad alta qualità.

I profili sagomati sono incollati lungo la rotaia al fine di evitare ogni contatto tra la rotaia stessa ed il materiale circostante (calcestruzzo). La sagoma di questi profili garantisce un fissaggio perfetto delle rotaie sul letto del binario in calcestruzzo. Questi elementi hanno anche la funzione di proteggere i binari stessi durante lo stoccaggio e le fasi di posa.

I binari dovranno essere consegnati in sito pre-rivestiti con i profili in gomma con la sola esclusione dell'ultimo tratto (circa 1 metro) lasciato libero per permettere la saldatura alluminotermica. Successivamente alle operazione di saldatura la rotaia verrà rivestita in cantiere grazie a due moduli di profilo che verranno serrati alle rotaie per permettere di effettuare il getto.

Con il sistema a "rotaie rivestite", si provvede, mediante portalini metallici, al fissaggio ed alla calibrazione dei binari. L'allineamento del binario in orizzontale e verticale lungo gli assi X,Y,Z, viene realizzato prima di effettuare il getto di calcestruzzo nei vari strati. Lo strato finale di rivestimento può essere scelto in funzione delle esigenze architettoniche del contesto.

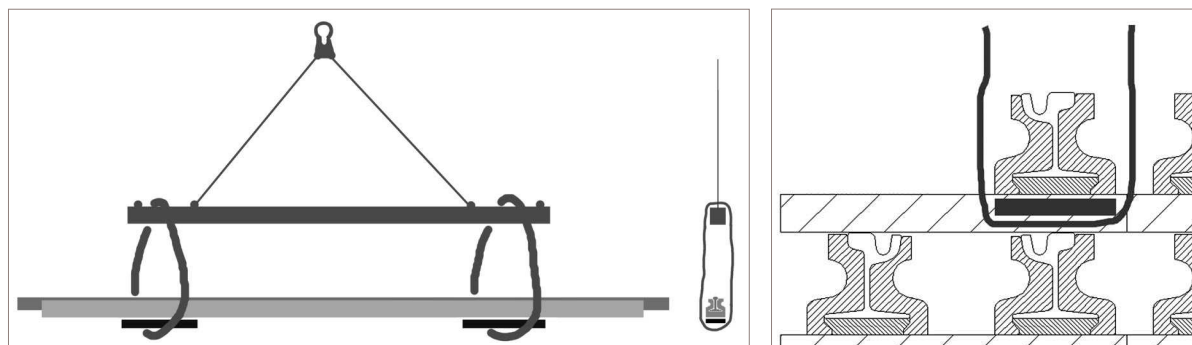
Il sistema permette, grazie ad una striscia resiliente sotto rotaia e di una sagoma avvolgente elastomerica leggermente differente, la riduzione della trasmissione di vibrazioni all'ambiente con un fattore che varia approssimativamente da 7 a 15 dBV a seconda della richiesta.



Il coefficiente di attrito tra calcestruzzo e profilo in gomma dovrà essere minimo 0,6. e ciò è ottenibile grazie alla struttura

aperta del profilo realizzato con granuli di gomma incollati con resina per cui il calcestruzzo entra nei pori e indurendosi garantisce l'aderenza richiesta.

Il trasporto e la movimentazione delle rotaie già rivestite dovrà avvenire come rappresentato in figura.



Quando si ha la necessità di sostituire una rotaia (e questo avverrà solo in caso di uso prolungato ed impossibilità di provvedere mediante molatura o risagomatura della stessa), questa può essere sostituita tagliando il profilo in gomma mediante una sega circolare ed estraendo il blocco.

ART. 10.2: SISTEMA DI ARMAMENTO CON PLATEE PREFABBRICATE.

Si tratta di moduli piani completamente prefabbricati in cemento armato con pavimentazione di finitura in asfalto, pietra o blocchetti di pietra, usato principalmente per attraversamenti livellati.

Con questi elementi si possono realizzare sistemi continui di binari altamente performanti con TOR (top of rail line) perfettamente piatto.

Le rotaie saranno, analogamente a quelle rivestite, incluse in profili di granuli fini di gomma riciclata incollati per mezzo di una resina ad alta qualità.

.La posa consiste nella semplice disposizione di conci prefabbricati con le rotaie già incluse. Le saldature reintegreranno la continuità tra le rotaie.

ART. 10.3: TAPPETINI ELASTICI IN TRUCIOLATO DI GOMMA PER ARMAMENTO PROVVISORIO

La presente descrizione intende definire le condizioni che devono essere soddisfatte da un "armamento provvisorio con materassino resiliente + isolamento laterale". Questo sistema è una soluzione basata sul principio di una piastra in CLS

galleggiante su materassino resiliente continuo. I risultati forniti da questa soluzione dipendono essenzialmente dalle caratteristiche della parte galleggiante (massa statica in relazione alla massa dinamica), dalla rigidità della terra, e dalla rigidità dei materassini resilienti.

Dipendendo dalla rigidità della fondazione, rispetto ad un sistema analogo isolato solamente con semplice gomma scanalata da 9 mm di spessore appoggiata su fondazione in CLS, questo sistema di isolamento dovrà assicurare una perdita di inserzione di -20 dBV nella gamma predominante in frequenza compresa tra i 40 ed i 125 Hz. La deflessione della rotaia sotto i carichi statici (con treno a fermata) non dovrà essere maggiore di 3 mm.

I materassini resilienti da utilizzare dovranno essere costituiti da granuli di gomma riciclata incorporati con resina.

Il materassino dovrà essere installato nella parte orizzontale in 2 strati di 14 mm mentre in verticale si porterà un solo strato sino alla sommità della finitura.

Per i carichi ammissibili, i test e collaudi e le caratteristiche dei materiali da utilizzare si rimanda alla relazione tecnica sull'armamento.

I materassini dovranno essere garantiti contro tutti i difetti imputabili al prodotto o al materiale costitutivo per un periodo di 10 anni dopo la consegna.

Le caratteristiche meccaniche del sistema sono state valutate in modo che, nelle normali condizioni operative di installazione, il valore di isolamento di vibrazione > -20 dBV sia ottenuto nella banda in frequenza superiore ai 63 Hz, rispetto all'installazione tradizionale su blocchi di gomma scanalati (spessore 9 mm), posti al di sotto delle fondazione rigide. Questo sarà confermato dalla realizzazione delle prove in situ.

ART. 11: NORME PARTICOLARI PER LA VERIFICA DELL'EFFICIENZA DELL'ARMAMENTO ALLE PROVE VIBROMETRICHE ED ACUSTICHE

Prima dell'inizio dei lavori l'Impresa aggiudicataria dei lavori dovrà verificare lo stato di fatto acustico e vibrazionale (con rilevatori dinamici) dei più importanti siti di attraversamento della linea tranviaria in almeno cinque punti caratteristici dell'intero tracciato scelti dalla Direzione dei Lavori.

A lavori eseguiti, e con vetture funzionanti l'Impresa aggiudicataria dovrà procedere ad una verifica negli stessi siti, effettuando lo stesso tipo di analisi e redigendo alla fine uno studio comparativo.

Prima dell'inizio dei lavori, in uno con il progetto costruttivo e con la verifica del sistema di armamento antivibrante del progetto esecutivo, l'Impresa aggiudicataria dovrà presentare una documentazione relativa alle misure delle vibrazioni proprie degli edifici prospicienti il tracciato della linea, sulla cui scorta dovrà essere proporzionato il sistema di smorzamento sia acustico che vibrazionale.

Dette prove e risultati dovranno essere effettuate n. 5 (cinque) copie in originale da consegnare alla Direzione Lavori.

L'Impresa è tenuta a predisporre tutte le apparecchiature necessarie per l'effettuazione delle prove e delle relative misure, che dovranno essere redatte in contraddittorio con la D.L. e i costruttori delle vetture.

Nessun compenso specifico verra' corrisposto per gli oneri relative a tutte le prove sopraindicate ricadendo tutti gli oneri sull'Impresa aggiudicataria, in quanto compresi nei prezzi con cui verranno valutate le opere.

Nella eventualità che le prove non daranno i risultati richiesti l'Impresa sarà tenuta ad apportare le correzioni necessarie concordandole con la Direzione dei Lavori.

ART. 12: GESTIONE, CONDUZIONE E MANUTENZIONE DEGLI IMPIANTI SUCCESSIVAMENTE ALL'INIZIO DELLA GESTIONE DELL'ENTE - ADDESTRAMENTO DEL PERSONALE

L'impresa aggiudicataria ha l'obbligo a propria cura e spese di assistere l'ente gestore della tramvia, nella gestione, condizione e manutenzione degli impianti per un periodo di 6 mesi a partire dalla data del certificato di collaudo.

Per tale gestione codesta Impresa dovrà garantire la presenza di:

- un capo servizio;
- un capo deposito;
- tre tecnici specialisti per i diversi rami del servizio.

L'appaltatore ha altresì l'obbligo a propria cura e spese di consegnare in triplice copia all'Amministrazione il "Manuale operativo".

Esso si deve riferire a tutti gli impianti e dovrà contenere tutte le istruzioni necessarie per la corretta gestione, conduzione e manutenzione degli stessi.

Il Manuale Operativo e' il documento che descrive in dettaglio le operazioni di avviamento (start-up) e le procedure di fermata di un impianto o delle apparecchiature per interventi di manutenzione.

Il Manuale Operativo, a cui saranno acclusi in formato ridotto gli schemi di marcia e di flusso ed i disegni delle apparecchiature, dovrà avere i seguenti contenuti:

- a) descrizione generale dell'impianto;
- b) sommario delle principali apparecchiature (disegni illustrativi, specifiche, ecc.);
- c) sicurezza (descrizione dei prodotti, pericolosità, valvole di sicurezza, controlli, allarmi, sistemi antincendio, ecc.);
- d) descrizione di tutte le attrezzature e la strumentazione;
- e) procedura di start - up (avviamento);
- f) funzionamento dell'impianto;
- g) procedura di emergenza;
- h) procedura di fermata.

Oltre al Manuale Operativo l'impresa aggiudicataria dovrà fornire a propria cura e spese il Catalogo Meccanico.

Lo scopo del Catalogo Meccanico è quello di fornire, razionalmente raccolte, pronte informazioni su tutte le apparecchiature installate degli impianti.

Esso dovrà contenere quanto segue:

- elenco apparecchiature
- lista disegni (con numero e titolo), compreso quelli dei fornitori
- schemi di marcia
- disegni planimetrici
- fogli di specifica apparecchiature
- fogli di specifica strumenti
- copie fotostatiche o ridotte di ogni disegno necessario (compresi quelli fornitori asbuilt)

ART. 13: NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- UNI 3142, giugno 1996 - *Rotaie a gola di acciaio per linee tranviarie - Profili, dimensioni - Qualità - Prescrizioni e prove (Gr. 10).*
- UNI 3648, luglio 1955 - *Linee tranviarie con rotaie a gola - Definizioni di scartamento di binario, di binario a scartamento ordinario ed a scartamento ridotto (1 tabella).*
- UNI 3693, novembre 1955 - *Materiale d'armamento di binari tranviari – Nomenclatura.*
- UNI 9614 – *Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo.*
- UNI 9916 – *Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici.*
- UNI 10985 – *Vibrazioni su ponti e viadotti – Linee guida per l'esecuzione di prove e rilievi dinamici.*
- Legge n. 447/1995 – *Legge quadro sull'inquinamento acustico.*
- DPCM 01.03.91 – *Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno.*
- DCPM 14.11.97 - *Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore.*
- CEI EN 50121-2 - *Emissioni dell'intero sistema ferroviario verso l'ambiente esterno.*
- CEI EN 50122-2 - *Protezione contro gli effetti delle correnti vaganti causate da sistemi di trazione a corrente continua.*
- CEI 9-20/1 - *Sistemi con tensione nominale di linea sino a 1500 V.*