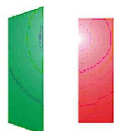




Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



MINISTERO
DELL'INTERNO



COMUNE
DI PADOVA

COMUNE DI PADOVA

Manutenzione straordinaria su ponti e viadotti "Recupero strutturale del ponte sul Bacchiglione in Corso Kennedy/Corso Esperanto"

IMPORTO COMPLESSIVO DI PROGETTO € 995.000,00

Finanziamento PNRR - Missione 2 Componente 4 Investimento 2.2 -B - Messa in sicurezza del territorio

PROGETTO ESECUTIVO

LLPP OPI 2020/044 CUP H97H20001050001



G.T. ENGINEERING S.r.l.
Via A.Ponchielli, 2 - 43011 Busseto (PR)
TEL. +39 0524 930103
E-Mail: gte@gteng.it - PEC: gte@pec.gteng.it
www.gteng.it

IL PROGETTISTA

LAVORO

MANUTENZIONE STRAORDINARIA SU PONTI E VIADOTTI

RECUPERO STRUTTURALE DEL PONTE SUL BACCHIGLIONE CORSO KENNEDY/CORSO ESPERANTO

TAVOLA

PIANO DI MANUTENZIONE DELL'OPERA

SCALA

-

TAVOLA N.

11

COMMESSA N.
2144PAD

FILE
APPR_11_OPI_11_PIANO_M

LAYOUT

SISTEMA QUALITA' AZIENDALE CERTIFICATO UNI EN ISO 9001
DNV GL Business Assurance
Certificato n° CERT-02421-97-AQ-BOL-SINCERT

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO
1	giugno 2022	AGGIORNAMENTO PREZZI E PNRR	GTE	MANFREDI
0	febbraio 2022	EMISSIONE	GTE	MANFREDI

COMUNE DI PADOVA

MANUTENZIONE STRAORDINARIA SU PONTI E VIADOTTI
RECUPERO STRUTTURALE DEL PONTE SUL BACCHIGLIONE IN
CORSO KENNEDY/CORSO ESPERANTO

PROGETTO ESECUTIVO

Piano di manutenzione

SOMMARIO

Sommario

1	PREMESSE	4
1.1	STRUTTURA DEL PIANO DI MANUTENZIONE	4
1.2	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	5
1.3	BANCA DATI.....	6
1.4	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
2	MANUALE D'USO	8
2.1	GENERALITÀ	8
2.2	ISPEZIONI PERIODICHE, ISPEZIONI ANNUALI	8
2.2.1	Scheda esame visivo	8
2.2.2	Scheda dati storici	10
2.3	PROCEDURE DI ESAME VISIVO DETTAGLIATO	10
2.3.1	Scheda difetti.....	12
2.4	STRUMENTI DI CONTROLLO	13
2.4.1	Prova diretta su carote.....	14
2.4.2	Prova di estrazione o pull-out test.....	15
2.4.3	Prova penetrometrica o metodo Windsor.....	15
2.4.4	Misure Sclerometriche	15
2.4.5	Metodo ad ultrasuoni	16
2.4.6	Misure combinate microsismiche e sclerometriche	16
2.4.7	Misura del potenziale di corrosione	16
2.4.8	Prelievo di polveri e microcarote per analisi chimiche	17
2.4.9	Rilevamento magnetico delle barre di armatura	17
2.4.10	Indagini radar	17
2.5	RISULTATI DEI CONTROLLI ED ANALISI DEI DATI - CRITERI PER L'INTERVENTO	19
2.5.1	Relazione sulle patologie e Valori di soglia.....	19
2.5.2	Analisi delle cause di degrado.....	20
2.5.3	Individuazione degli interventi	21
2.5.4	Analisi dei vincoli e delle priorità.....	21
3	MANUALE DI MANUTENZIONE.....	23
3.1	GENERALITÀ'	23
3.2	OPERAZIONI PROGRAMMATE DI MANUTENZIONE PERIODICA	23
3.3	OPERAZIONI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA	23
3.4	INTERVENTI PERIODICI DI MANUTENZIONE ORDINARIA.....	24
3.4.1	Opere d'arte.....	24
3.4.2	Scarpate	25

3.4.3	Smaltimento acque meteoriche	26
3.4.4	Pavimentazioni flessibili	26
3.4.5	Giunti	27
3.4.6	Barriere di sicurezza.....	28
3.4.7	Opere a verde	30
3.4.8	Altri aspetti della manutenzione ordinaria	30
3.5	INTERVENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA	31
3.5.1	Miscele per ripristino e/o protezione di strutture degradate o soggette	31
3.5.1.1	Idrodemolizione	32
3.5.1.2	Trattamenti prima del ripristino	32
3.5.1.3	Messa in opera delle miscele di ripristino.....	33
3.5.1.4	Requisiti delle miscele – controlli.....	36
3.5.2	Impermeabilizzazione di strutture.....	37
3.5.2.1	Mastici di asfalto sintetici (protezione media).....	37
3.5.2.2	Guaine bituminose armate con non tessuti (Protezione media).....	38
3.5.2.3	Membrane elastiche continue in materiale sintetico spruzzate in opera (alta protezione)	39
3.6	SCELTA DI INTERVENTI ALTERNATIVI - ANALISI COSTI-BENEFICI.....	40
3.7	CONTROLLO DEGLI INTERVENTI DI MANUTENZIONE	40
4	PROGRAMMA DI MANUTENZIONE	41
4.1	OBIETTIVI DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE.....	41
4.2	STRUTTURA DEI PROGRAMMI	41
4.3	FASI DI STESURA.....	42
4.4	TIPOLOGIA DEI PROGRAMMI	43
4.4.1	Sottoprogramma dei controlli: Programma delle Ispezioni	43
4.4.2	Sottoprogramma degli interventi di manutenzione	46
4.4.3	Sottoprogramma delle prestazioni o di conduzione	48
4.5	ORGANIZZAZIONE E RESPONSABILITÀ DEL PERSONALE	50

1 PREMESSE

Nella presente relazione verranno analizzate le problematiche manutentive relative agli interventi di *“Manutenzione straordinaria su ponti e viadotti – Recupero strutturale del ponte sul Bacchiglione in corso Kennedy-Corso Esperanto.”*, nel Comune di Padova.

1.1 STRUTTURA DEL PIANO DI MANUTENZIONE

Il “Piano di Manutenzione” è costituito dai tre documenti operativi di seguito richiamati, con le rispettive finalità sinteticamente descritte:

1. Il “Manuale d’Uso”, fornisce un insieme di informazioni che permettono di conoscere le modalità di fruizione e gestione del bene, al fine di evitarne il degrado anticipato.

Il “Manuale d’Uso”, pertanto, deve:

- ✓ Indicare gli elementi utili a limitare danni causati da un uso improprio del bene
- ✓ consentire l’esecuzione delle operazioni necessarie alla conservazione del bene, che non richiedano “conoscenze specialistiche”
- ✓ consentire di riconoscere con tempestività gli anomali fenomeni di deterioramento del bene, al fine di intervenire anche con operazioni di tipo “specialistico”.

Per il raggiungimento di tali obiettivi, il “Manuale d’Uso” prevede l’istituzione di ispezioni di controllo periodiche visive, pianificandone le modalità esecutive e normalizzando l’acquisizione e l’interpretazione dei dati riscontrati, al fine di tenere il bene sotto controllo con continuità e conoscerne costantemente lo stato di conservazione.

Il “Manuale d’Uso”, inoltre, definisce l’entità e le caratteristiche degli operatori, delle strumentazioni e delle tecnologie necessarie al monitoraggio dell’opera.

2. Il “Manuale di Manutenzione”, fornisce le indicazioni necessarie alla corretta manutenzione dell’opera, individuandole puntualmente per le diverse parti e componenti di essa e in relazione alle caratteristiche dei materiali costituenti.

Dal punto di vista operativo, il “Manuale di Manutenzione” dopo aver individuato il livello minimo delle prestazioni che il bene deve assicurare e le anomalie prevedibili nel corso della sua vita utile, definisce quali debbano essere gli interventi necessari e le modalità di esecuzione degli stessi.

A completamento di quanto sopra, nel “Manuale di Manutenzione” potranno essere distinte le operazioni manutentive eseguibili direttamente dall’utente, da quelle per le quali sono necessarie attrezzature particolari e/o la partecipazione di personale specializzato.

In tal modo, inoltre, potranno essere individuate l'entità e le caratteristiche delle risorse occorrenti per ciascuna tipologia d'intervento di manutenzione.

3. Il "Programma di Manutenzione", definisce temporalmente il sistema dei controlli e degli interventi da eseguire a cadenze prefissate, al fine di gestire correttamente e mantenere nel corso degli anni le caratteristiche funzionali e di qualità delle opere e delle loro parti.

Il "Programma di Manutenzione" si articola in tre sottoprogrammi:

3a) Sottoprogramma delle Prestazioni, che definisce a livello programmatico lo stato d'uso, di conservazione e le prestazioni delle varie parti del bene nel corso del suo ciclo di vita.

3b) Sottoprogramma dei Controlli, che definisce il programma delle verifiche e dei controlli, al fine di rilevare lo stato delle opere in vari momenti della vita del bene, individuando i degradi e la dinamica delle cadute prestazionali.

3c) Sottoprogramma degli Interventi di Manutenzione, che definisce la programmazione temporale e l'ordine dei vari interventi di manutenzione, da effettuare per una corretta conservazione del bene.

Il programma di manutenzione, il manuale d'uso ed il manuale di manutenzione redatti in fase di progettazione saranno sottoposti a cura del Direttore dei Lavori, al termine della realizzazione dell'intervento, al controllo ed alla verifica di validità, con gli eventuali aggiornamenti resisi necessari in corso d'opera.

1.2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Le opere previste dal progetto consistono in una globale riparazione degli elementi strutturali, eliminando le parti degradate e ricostruendo le parti danneggiate, realizzando nel complesso un sistema di protezione dell'intera opera atto ad evitare in futuro l'instaurarsi dei medesimi meccanismi degradanti:

In particolare sono previsti i seguenti interventi:

- riparazione della struttura in calcestruzzo armato;
- sostituzione dei giunti di pavimentazione sulla soletta;
- rifacimento della pavimentazione con impermeabilizzazione della soletta;
- demolizione e ricostruzione dei cordoli laterali con sostituzione della barriera di sicurezza;
- rinforzo strutturale travi di impalcato mediante l'applicazione di compositi FRP;
- Realizzazione di soletta di transizione a tergo delle spalle;
- Realizzazione di un sistema di smaltimento ed allontanamento delle acque meteoriche;
- installazione di un sistema di monitoraggio degli spostamenti e delle deformazioni del ponte;

1.3 BANCA DATI

Un obbiettivo della costituzione della banca dati è quello di raccogliere già durante la fase di realizzazione degli interventi in progetto, in maniera sistematica, tutte le informazioni che potranno essere utili per le successive manutenzioni e, in particolare, per la valutazione delle cause di determinati ammaloramenti, per la valutazione della necessità e priorità di intervento in ripristino, per la progettazione dello stesso.

In sintesi, le informazioni da acquisire possono così raggrupparsi:

- dati generali di identificazione dei manufatti;
- dati sull'andamento plano-altimetrico;
- dati sui terreni di fondazione e sull'ammasso;
- dati sulla tipologia delle strutture costituenti;
- dati sui sistemi di scavo e sulle caratteristiche costruttive delle strutture;
- dati sui sistemi di drenaggio, smaltimento acque, impermeabilizzazione;
- informazioni sulle caratteristiche ambientali;
- informazioni sull'ambiente interno e sugli impianti esistenti.

Tutti i dati devono essere raccolti, dalle documentazioni di progetto, di collaudo, di ispezione, in maniera omogenea; allo scopo sono previsti appositi moduli (“schede dati storici”), ove le informazioni sono organizzate nella forma più idonea anche per il caricamento in banca dati.

1.4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il Ministero dei Lavori Pubblici, emanando una apposita circolare n° 6736/61/A del 19.07.1967 sul “Controllo delle condizioni di stabilità delle opere d’arte stradali”, già da un trentennio ha posto l’attenzione sull’ispezione periodica e sulla vigilanza assidua del patrimonio di opere d’arte stradali, a garanzia della pubblica incolumità, e nello stesso tempo non trascurando gli aspetti economici connessi alla conservazione di tale patrimonio.

Le problematiche inerenti alla manutenzione e gestione delle opere d’arte stradali sono state inoltre oggetto, nel febbraio 1991 della Circ. LL.PP. n° 34233 “Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali”, in sostituzione della Circ. n° 20977 dell’11/11/1980, e successiva al D.M. 04/05/1990 con il quale sono state approvate le norme vigenti riferite ai “Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali”.

Nell’Aprile del 1988, una specifica norma C.N.R. (Boll. Uff. n° 125 del 20.04.1988 - “Istruzioni sulla pianificazione della manutenzione stradale”) ha dettagliatamente descritto le fasi che devono caratterizzare il controllo ed il processo manutentivo delle pavimentazioni stradali.

Inoltre, nel Dicembre 1993, ancora una specifica norma C.N.R. (Boll. Uff. n° 165 del 30/12/1993 – “Istruzioni sulla pianificazione della manutenzione stradale Ponti e Viadotti”) prescriveva sia le fasi del processo di controllo e di manutenzione, sia gli accorgimenti costruttivi da adottare, a beneficio della durabilità e dei controlli medesimi.

Infine, il D.P.R. n° 5 ottobre 2010, n. 207 “Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE»” richiede il piano di manutenzione quale documento complementare al progetto esecutivo.

2 MANUALE D'USO

Nel presente documento, sono descritti i metodi e i criteri di sorveglianza e controllo, che dovranno costituire una guida per la gestione operativa della manutenzione programmata delle opere e degli impianti presenti lungo la tratta stradale.

2.1 GENERALITÀ

L'attività di sorveglianza delle opere oggetto del Piano di Manutenzione, si dovrà svolgere, conformemente alle normative esistenti in Italia, sulla base di ispezioni periodiche visive eseguite con cadenza definita, condotte da personale tecnico incaricato specificatamente, e di controlli anche con l'ausilio di strumentazioni e analisi di laboratorio, da parte di personale specializzato.

Le ispezioni, i controlli ed il personale addetto, dovranno essere coordinati da un ingegnere responsabile. Tali controlli dovranno essere volti all'ubicazione, difetto per difetto, di tutti gli ammaloramenti riscontrati ed il loro obiettivo dovrà essere soprattutto quello di verificarne l'eventuale evoluzione nel tempo.

2.2 ISPEZIONI PERIODICHE, ISPEZIONI ANNUALI

Su ciascun manufatto devono essere effettuate ispezioni periodiche, al fine di verificare lo stato dell'elemento esaminato e di individuare l'eventuale presenza di degradi e/o difetti; la loro frequenza è stabilita, per ciascun elemento strutturale, nell'allegato "programma delle ispezioni".

Le ispezioni devono essere effettuate da tecnici diplomati, che poi redigono l'apposito rapporto "scheda esame visivo" e, con i dati di quest'ultimo, aggiornano una "scheda dati storici" dei controlli, inserendo la data della visita e le eventuali nuove anomalie insorte.

Pertanto, l'insieme della documentazione di base e di quella acquisita nel tempo, dovrà andare a costituire una banca-dati in grado di essere consultata con estrema semplicità, per ottenere in prima istanza, per ciascuna opera, l'insieme dei suddetti due documenti fondamentali:

- "scheda esame visivo": foglio di risultanza dell'ispezione periodica (a qualunque data);
- "scheda dati storici": foglio riportante le caratteristiche strutturali fondamentali e la storia delle ispezioni, da aggiornare periodicamente.

2.2.1 Scheda esame visivo

Il rapporto, la cui struttura è la medesima per ogni opera, contiene nella sua parte generale, l'identificazione dell'opera esaminata, il numero d'ordine generale, la data di

ispezione, l'indicazione dei nomi di chi ha effettuato la visita, i dati identificativi del rollino e di eventuali fotografie scattate, i dati generali dell'opera e le successive sezioni allegate alla scheda, relative ai difetti riscontrati in corrispondenza delle singole parti strutturali.

Le parti strutturali da esaminare sono state raggruppate in base alla loro dislocazione, come di seguito riportato, e risultano facilmente identificabili mediante un codice di semplice estrazione (es: A3 – Strutture portanti in acciaio):

A) OPERE STRUTTURALI

1. Ponte stradale su fiume Bacchiglione

B) OPERE STRADALI ESTERNE

- **Pavimentazioni**
 1. Pacchetto bituminoso.
- **Giunti**
 2. Dispositivo sottopavimentazione.
- **Opere Idrauliche**
 3. Cunette, canali e canalette.
 4. Pozzetti e tubazioni.
- **Scarpate**
 5. Pendii.
 6. Vegetazione.
- **Opere di sicurezza**
 7. Barriere di sicurezza.
- **Segnaletica**
 8. Orizzontale.
 9. Verticale
 - a. Pulizia superfici.
 - b. Verifica serraggio bulloni.
 - c. Ripristino della verniciatura e/o della zincatura.
 - d. Ripristino saldature e collegamenti.
 - e. Ripristino cricche/lesioni.

La necessità di segnalazione del difetto riveste particolare importanza, perché si crea la possibilità di estrarre dalla banca-dati tutte e sole le situazioni in cui la risposta è stata affermativa e che comportano una "priorità" di intervento.

La “scheda dati storici”, che come detto è finalizzata a reperire e raccogliere tutti i dati conoscitivi a partire dal progetto e dalle modalità di realizzazione dell’opera, sino allo stato attuale, è redatta ed aggiornata periodicamente per ciascuna parte strutturale di ogni opera, e contiene le seguenti informazioni:

- individuazione dell’opera e della parte strutturale cui si riferisce;
- periodo di costruzione e vicende ad esso collegate;
- materiali costituenti la parte strutturale dell'opera e, per ciascuno di essi, indicazione delle caratteristiche, dimensioni, tipologia, ecc. (cls, acciaio, altro);
- altre informazioni relative all’ubicazione, schema statico, data d’inizio del degrado, ecc.
- successione cronologica delle ispezioni, per ciascuna delle quali è riportata la data, le parti della struttura i cui difetti hanno subito delle variazioni rispetto all'ispezione precedente, che cosa è effettivamente variato, il n° della scheda di rilevamento;
- successione cronologica degli interventi significativi di manutenzione, con la relativa data, tipologia e ubicazione.

2.3 PROCEDURE DI ESAME VISIVO DETTAGLIATO

L’esame visivo è la prima operazione da prevedere per un’indagine corretta, il cui scopo sia l’individuazione e la diagnosi dei fenomeni di degrado (da riportare nella scheda A) e la progettazione del conseguente intervento.

Durante l’ispezione, è opportuno esaminare gli elementi strutturali e gli impianti, onde accertare ogni fatto nuovo e l’insorgere di eventuali anomalie esterne; in tal caso si dovranno annotare in maniera convenzionale tutti i difetti riscontrati, dalle microfessurazioni alle macchie di ruggine, dallo stato di ossidazione del ferro alle delaminazioni ed ai distacchi del calcestruzzo, dall’usura al malfunzionamento degli impianti, il tutto adeguatamente supportato da un’accurata documentazione fotografica.

Nel caso in cui gli elementi visionati presentassero segni di gravi anomalie, il tecnico dovrà promuovere ulteriori controlli specialistici e nel frattempo adottare direttamente, in casi di urgenza, eventuali limitazioni all’esercizio dell’opera.

Al fine di uniformare le procedure di visita e di evidenziare agli occhi degli operatori addetti alle ispezioni tutti i possibili e probabili difetti riscontrabili, si sono individuati i possibili degradi da verificare, suddivisi per classi, come di seguito esposto:

1. DIFETTI LEGATI ALL'ACQUA

- infiltrazioni in corrispondenza di giunti
- infiltrazioni diffuse sulla superficie
- infiltrazioni in corrispondenza di punti singolari

2. DIFETTI DEL CALCESTRUZZO

- ammaloramento e/o distacchi superficiali del calcestruzzo
- copriferro insufficiente
- lesioni del calcestruzzo

3. DIFETTI ELEMENTI VARI

- giunto di dilatazione: usura, distacchi, cedimenti, degrado sezioni di attacco
- ostruzione e/o rottura elementi di scarico e raccolta acque
- scarpate: pendio dissestato o in erosione, vegetazione eccessiva
- guarnizioni deteriorate, non aderenti o ostruite da accumuli di agenti esterni
- attrezzature varie o parti di esse mancanti o danneggiate

4. DIFETTI PAVIMENTAZIONI FLESSIBILI

- lesioni longitudinali o trasversali
- avvallamenti o rigonfiamenti
- fessurazioni a blocchi, buche, deterioramenti, ecc

5. DIFETTI DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI

- lampada non funzionante e/o plafoniere sporche
- componenti e spie dei quadri non funzionanti
- distacco o degrado cavi di messa a terra
- collegamenti non serrati / targhette dati mancanti o illeggibili.

6. DIFETTI SEGNALETICA VERTICALE

- instabilità struttura portante
- lesioni

7. ANOMALIE CARPENTERIE METALLICHE (INCLUSE SEGNALETICA VERTICALE)

- presenza di zone soggette ad aggressione chimica (fenomeni ossidazione e/o corrosione)

- integrità delle giunzioni bullonate
- integrità delle giunzioni saldate
- presenza di eventuali cricche/ lesioni.

2.3.1 Scheda difetti

Per la valutazione corretta ed univoca dei risultati delle visite, effettuate anche da personale diverso, è di fondamentale importanza uniformare in maniera razionale le procedure di classificazione dei diversi tipi di ammaloramento e dei parametri più significativi per la loro descrizione ed il loro controllo; per raggiungere l'obiettivo, si devono utilizzare delle "schede difetti" dove tali caratteristiche risultano univocamente definite.

Tali "schede difetti", che come accennato in precedenza dovranno essere allegate alla "scheda A - esame visivo", saranno relative alle anomalie e/o difetti presenti nell'opera in corrispondenza delle singole parti, e in esse dovrà essere riportata la descrizione del degrado rilevato e tutte le informazioni utili all'individuazione sia delle cause, sia degli eventuali interventi da eseguire successivamente, quali l'ubicazione, la sua estensione, la tipologia, l'ambiente e il tipo di struttura ove si sono manifestati ed eventuali altre osservazioni particolari a cura del rilevatore.

Le schede predisposte sono specifiche per particolari difetti così raggruppati:

- Scheda B - LESIONI E/O FESSURAZIONI
- Scheda C1 – FERRI DI ARMATURA (ferri scoperti)
- Scheda C2 – FERRI DI ARMATURA (macchie di ruggine)
- Scheda D1 – CALCESTRUZZO (delaminazioni superficiali)
- Scheda D2 – CALCESTRUZZO (distacchi)
- Scheda E – INFILTRAZIONI, VENUTE D'ACQUA, UMIDITA'
- Scheda F – PAVIMENTAZIONI FLESSIBILI
- Scheda G – IMPIANTI TECNOLOGICI

Per quanto riguarda i tipi di ammaloramento sopra considerati, si riportano di seguito e si mettono in luce le informazioni da raccogliere nella fase di acquisizione.

1. Macchie di umidità

Tra le possibili macchie d'umidità, devono essere distinte le concrezioni dovute a depositi di sali come la calcite e i solfati e quelle dove la presenza dell'acqua ha provocato delle degradazioni della struttura. Tale indicazione è

fondamentale, in quanto può dare una valutazione sulle quantità di acqua in gioco.

2. Alterazioni superficiali del calcestruzzo

Per quanto riguarda gli ammaloramenti delle opere in calcestruzzo ove si siano verificati distacchi parziali, nella scheda relativa si distinguono le seguenti classi:

- a. calcestruzzo residuo non degradato: indica una superficie compatta a distacco avvenuto.
- b. calcestruzzo residuo degradato, senza pericolo incipiente di caduta di materiale: indica un conglomerato in cui esiste un iniziale processo di degradazione.
- c. calcestruzzo con vespaio e inerti asportabili manualmente: è presente una decomposizione generalizzata del cls; gli inerti si distaccano progressivamente dal legante e si notano efflorescenze dove sono presenti alterazioni del legante;
- d. calcestruzzo con pericolo di distacco a blocchi: indica un cls per il quale si possono verificare dei distacchi specialmente in presenza di fessure ramificate longitudinali e trasversali.

3. Lesioni

Le cause che determinano la nascita di lesioni, possono essere individuate analizzando il loro andamento. Tale considerazione ha portato a mettere l'accento sulla descrizione dell'andamento delle lesioni, che possono essere distinte in:

- lesioni singole;
- lesioni ramificate;
- lesioni regolari/irregolari.

Le lesioni non ramificate sono legate a deformazioni della sezione caricata da eccessive spinte dell'ammasso incassante.

2.4 STRUMENTI DI CONTROLLO

L'esecuzione sistematica di ispezioni visive e la conseguente analisi dei dati, non sono sempre sufficienti per individuare qualsiasi difetto o per comprendere chiaramente le cause di determinati degradi, né per valutare oggettivamente il grado di "pericolo" di una situazione ed il rimedio anche provvisorio più idoneo.

I necessari approfondimenti diagnostici, che dal punto di vista prettamente operativo sono stati fatti rientrare fra le operazioni di manutenzione ordinaria, richiedono

l'esecuzione di prove strumentali che possono essere sia di tipo puntuale (relative all'esame di punti "critici") che di tipo "globale" (relative all'esame generale della struttura), mediante le quali è possibile stimare e valutare caratteristiche e parametri, relativi allo stato dei materiali costituenti le strutture.

Tali attrezzature devono essere gestite da tecnici specializzati nel loro utilizzo, da ingegneri ed eventualmente possono essere utilizzati sistemi informatizzati di analisi dei dati, che sappiano correttamente interpretare i dati raccolti.

Allo stato attuale vi è un notevole sviluppo di strumentazioni ad alto rendimento, in grado cioè di effettuare rilievi ad alta velocità.

Nella tabella che segue, sono riportati i principali strumenti di analisi che possono essere utilizzati per lo studio dello stato di consistenza delle opere pertinenti le strutture oggetto del Piano.

Funzione	Strumento
Determinazione resistenza a compressione cls	<ul style="list-style-type: none"> - Prova diretta su carote - Prova di estrazione (Pull-out test) - Prova penetrometrica (Metodo Windsor) - Sclerometro
Determinazione modulo elastico	- Rilevatori ultrasonori

Funzione	Strumento
Analisi stato corrosivo e classificazione del degrado	<ul style="list-style-type: none"> - Misura del potenziale di corrosione - Prelievo di polveri e microcarote per analisi chimiche
Rilevo armature	- Rilevamento magnetico delle barre di armatura (Pacometro)
Rilevo discontinuità, stratigrafie, umidità, difetti puntuali	- Indagini radar

Nei paragrafi che seguono, si riportano le caratteristiche e le modalità esecutive delle varie prove citate, fermo restando che sia il loro eventuale utilizzo, sia la scelta delle possibili tipologie alternative a disposizione, saranno a cura del tecnico responsabile della manutenzione, in base alle specifiche caratteristiche del problema che si dovesse presentare.

2.4.1 Prova diretta su carote

Il prelievo di calcestruzzo indurito costituisce sempre il miglior modo per conseguire una stima dell'effettiva resistenza del calcestruzzo. Un limite può essere costituito dal danneggiamento che si produce durante il prelievo, che fa classificare tale metodo come

"localmente distruttivo", e dal costo, per tempo di esecuzione e usura dei materiali, superiore ad ogni altro metodo di prova non distruttiva.

E' fondamentale nella fase di prelievo il rispetto delle specifiche fissate dalla UNI 6131, per ridurre al minimo il danneggiamento dovuto al prelievo. La prova di resistenza a compressione viene eseguita in conformità alla UNI 6132. Tali prove devono (legge n. 1086 del 5 novembre 1971, D.M. 17 gennaio 2018 e s.m.i.) essere eseguite presso i laboratori ufficiali o autorizzati, che garantiscono affidabilità, indipendenza e qualità.

2.4.2 Prova di estrazione o pull-out test

La prova di estrazione, per brevità indicata spesso come "pull-out test", è una prova localmente distruttiva, classificata come semi-distruttiva.

Può essere prevista con inserti pre-inglobati nel getto in fase di progetto, oppure con inserti post-inseriti per strutture degradate, non conformi o per le quali si voglia procedere ad un aumento di capacità portante.

Le prove correlano la forza di estrazione P alla resistenza del conglomerato R mediante la formula sperimentale (F. Meneghetti -T. Meneghetti):

La prova è normata dalla UNI 9536 per i tasselli pre-inglobati e dalla UNI 10157 per tasselli post-inseriti. Il numero minimo di tasselli è di tre per ogni punto di prova.

2.4.3 Prova penetrometrica o metodo Windsor

Consiste nell'infiggere nel calcestruzzo una sonda di dimensioni standard, "sparata" da una pistola mediante una carica calibrata. La correlazione fra la profondità di penetrazione e la resistenza, è fornita dalla ASTM C 803.

Il numero di sonde che si impiegano per una determinazione è di tre, poste ai vertici di un triangolo individuato mediante una dima di dimensioni standard.

2.4.4 Misure Sclerometriche

Il metodo dell'indice di rimbalzo sclerometrico consiste nel misurare l'entità del rimbalzo di una massa battente che, azionata da una molla, impatta sulla superficie del calcestruzzo con una energia nota. L'indice di rimbalzo permette di valutare la durezza superficiale del calcestruzzo e può essere utilizzato per valutare l'omogeneità del calcestruzzo in sito, la resistenza a compressione, per determinare regioni superficiali degradate e per stimare le variazioni nel tempo delle proprietà del calcestruzzo. In Italia il metodo sclerometrico è regolato, in via sperimentale, dalla Norma UNI 9189.

Poiché la risposta dello sclerometro risulta dipendere dall'inclinazione sull'orizzontale dell'asse dello stesso, si deve tenere conto dei diagrammi di correlazione che forniscono anche la dispersione media dei valori.

La prova sclerometrica è un metodo di analisi molto pratico e rapido, ma ha lo svantaggio di saggiare solo strati superficiali che potrebbero essere alterati. I risultati sono inoltre sensibili ad alcuni parametri quali umidità, carbonatazione, presenza di armature e granulometria degli inerti. Tale metodo, per la normativa italiana, non può

essere considerato alternativo per la determinazione della resistenza a compressione del cls.

2.4.5 Metodo ad ultrasuoni

Il metodo ad ultrasuoni consiste essenzialmente nell'analisi della propagazione all'interno del calcestruzzo di onde elastiche longitudinali di compressione, di frequenza compresa tra 10 e 50KHz. L'onda d'urto, generata da un opportuno emettitore in un punto dell'elemento, viene captata da un ricevitore posizionato in un altro punto e trasmessa, sotto forma di un segnale elettrico, ad un oscilloscopio che ne permette la visualizzazione e la misura del tempo t intercorso tra emissione e ricezione.

Dividendo la distanza tra i due punti per il tempo, si ricava la velocità delle onde elastiche nel materiale, che è funzione delle caratteristiche elastiche del mezzo (modulo di elasticità e rapporto di Poisson dinamici) e della sua densità. Eventuali disomogeneità (fessure, cavità, ecc.), variando la velocità di propagazione e assorbendo parzialmente, rifrangendo e riflettendo l'onda di vibrazione, possono essere indagate analizzando tali processi.

In Italia, il metodo ultrasonico è regolato, in via sperimentale, dalla norma UNI 9524.

2.4.6 Misure combinate microsismiche e sclerometriche

Un sistema che valorizza i due metodi sperimentali sopra descritti, migliorandone l'interpretazione, è quello "combinato" ultrasuoni-sclerometro, che consente di calcolare la resistenza convenzionale di un calcestruzzo mediante varie relazioni sperimentali proposte in letteratura, che esprimono la resistenza cubica media del calcestruzzo R , in funzione della velocità delle onde longitudinali V e degli indici di rimbalzo sclerometrici N , ciascuna legata a particolari tipi di calcestruzzo e a differenti condizioni di maturazione.

2.4.7 Misura del potenziale di corrosione

Il principio del metodo è basato sulla verifica di valore del potenziale spontaneo di corrosione dei ferri di armatura nel conglomerato cementizio armato.

Tale controllo dovrà essere effettuato periodicamente mediante misurazione del "potenziale di protezione" in corrispondenza di celle già previste in fase di progetto in diversi punti dell'opera, collegate ad una rete distribuita di armature saldate ed elettricamente connesse fra loro.

Il "potenziale di protezione" è un valore limite in corrispondenza del quale la velocità di corrosione diventa trascurabile. Per strutture in cemento armato interrate, quali quelle oggetto del presente Piano, la letteratura fornisce valori di soglia del "potenziale di protezione" compresi tra 1 e 20 mA/mq.

Poiché al superamento di tali valori l'acciaio sarà soggetto a fenomeni di corrosione non più trascurabili, il responsabile della manutenzione dovrà predisporre immediati interventi di protezione da realizzare con uno dei seguenti sistemi, da scegliere e dimensionare in base alle specifiche condizioni e caratteristiche della struttura:

1. Protezione catodica con “anodi sacrificali” costituiti da metalli reattivi o collegati alla struttura da proteggere, in modo da rendere uniforme la corrente di protezione.
2. Protezione catodica con “corrente impressa”, più indicata per strutture in c.a. interrate vista la scarsa conducibilità del calcestruzzo.
3. Interventi di eliminazione / limitazione delle cause di dispersione.

La verifica si esegue misurando con un voltmetro ad alta impedenza ($> 10\text{ MW}$) e di classe 3 (errore $<$ del 3% del F.S.), la tensione esistente in una pila i cui elettrodi sono l'interfaccia armatura-calcestruzzo e l'elettrodo di riferimento appoggiato sulla superficie del calcestruzzo.

2.4.8 Prelievo di polveri e microcarote per analisi chimiche

Al fine di individuare e classificare il tipo di degrado, si possono eseguire delle analisi chimiche o diffrattometriche sui materiali prelevati dalla struttura ed effettuare delle prove colorimetriche in situ.

Le analisi chimiche sono mirate alle determinazioni dei solfati, dei cloruri, degli alcali, alle variazioni di pH ed alla classificazione, insieme agli esami mineralogici, del degrado; pertanto, è necessario pianificare diffusi prelievi di polveri e di microcarote, da sottoporre alle analisi.

2.4.9 Rilevamento magnetico delle barre di armatura

Il rilevamento magnetico consente un'esatta determinazione -non distruttiva -della posizione e del diametro delle armature di un elemento strutturale in calcestruzzo armato e risulta della massima utilità in ogni caso in cui occorra confrontare i dati di progetto con lo stato attuale e non sia consentito, o consigliabile, effettuare indagini di tipo distruttivo.

I «pacometri», o magnetoscopi sono strumentazioni che si basano su fenomeni elettromagnetici e consentono tali determinazioni con buona approssimazione, purché il copriferro delle barre non superi i 15- 20 cm.

La valutazione del diametro dei ferri è possibile con un grado di approssimazione tanto più esatto, quanto minore è la copertura del ferro.

La pacometria, non è in grado di rilevare i diametri nelle zone di sovrapposizione di più ferri. E' utile, in una campagna pacometrica, prevedere uno o più carotaggi campione per confrontare i dati relativi con l'osservazione diretta e, così, controllare la taratura della strumentazione.

2.4.10 Indagini radar

Uno dei sistemi più interessanti per il controllo dei calcestruzzi di rivestimento e delle condizioni dell'ammasso circostante, è il radar: l'uso di tale tecnologia è consigliabile con una frequenza indicativamente decennale. Peraltro, poiché i fattori che possono determinare l'esecuzione di tale controllo sono estremamente variabili e difficilmente prevedibili, visto anche l'elevato costo di esecuzione, si dovrà

comunque eseguire preventivamente un'approfondita analisi delle condizioni del rivestimento, prima di procedere all'indagine.

Il sistema si basa sull'emissione e la ricezione di onde elettromagnetiche ad alta frequenza, comprese tra i 100 MHz ed alcuni GHz e sulla verifica della velocità di propagazione degli impulsi nel dielettrico da indagare; tali impulsi vengono riflessi in corrispondenza delle discontinuità incontrate e successivamente ricevute dalla antenna trasmittente; poiché le velocità di propagazione sono funzione delle caratteristiche del dielettrico attraversato, il sistema può fornire informazioni sulle caratteristiche e sullo stato di un rivestimento in galleria, dei vuoti tra ammasso e rivestimento, dell'omogeneità del calcestruzzo di rivestimento.

Le antenne a bassa frequenza (80-120 MHz), presentano una maggiore capacità di penetrazione, ma possiedono un basso potere risolutivo, mentre le antenne con frequenza intermedia (300-500 MHz) sono caratterizzate da un maggior dettaglio.

Solo in alcuni casi in cui risulta necessario un alto potere risolutivo, ma è sufficiente un limitato potere di penetrazione, si possono utilizzare antenne ad alta frequenza (1-5 GHz).

Si utilizzano antenne di superficie per la verifica dell'esistenza di cavità sotterranee; con terreni di media consistenza, si può giungere a rilevare importanti anomalie sino ad una certa profondità.

L'indagine radar può essere effettuata utilizzando un'unità di acquisizione campale composta da:

- Ruota metrica per l'esatta misura delle coordinate dei dati acquisiti;
- Unità di acquisizione radar costituita da:
- PC Pentium 133 Mhz alimentato da batteria a 12 V;
- Scheda di controllo dei dati radar, di conversione A/D e di alimentazione;
- Dispositivo magnetico DAT;
- Software di acquisizione;
- Unità di distribuzione.

I sensori utilizzati nell'indagine, possono essere i seguenti:

1. Array a 600 MHz, capace di acquisire due canali monostatici ed un canale bistatico (fondo scala di 96 nsec). Il sensore a media frequenza è quello che consente di ottenere le migliori prestazioni in termini di bilancio tra risoluzione (circa 15 cm per terreno medio), rapporto segnale/clutter e portata nel sito in esame.
2. Singola antenna a 200 MHz. L'antenna a bassa frequenza, consente la massima portata ed un buon rapporto segnale/clutter su alcune anomalie (per "clutter" si definisce l'eco ricevuto dal terreno, sorgente primaria di disturbo nella rivelazione delle anomalie presenti nel sottosuolo). Ciò è ottenuto a spese di una minore risoluzione (circa 46 cm in un terreno medio, ove per terreno "medio" si intende un terreno in cui il segnale radar si propaghi con velocità di propagazione media, normalmente stimata a 106 m/s).

Devono essere effettuate scansioni (5 passate a distanza fissa di 1 m) con asse parallelo a quello dell'opera.

3. Singola antenna a 1200 MHz L'antenna ad alta frequenza, è il sensore che consente la migliore risoluzione (circa 7.5 cm in un terreno medio) a spese di un minore range di indagine.

Devono essere effettuate scansioni (5 passate a distanza fissa di 1 m) con asse parallelo a quello dell'opera.

La tecnica da utilizzare per l'acquisizione dei dati può consistere nel montaggio dell'attrezzatura su un carrello che, in orario di sospensione del traffico, percorre i tratti da esaminare, individuando e localizzando le caratteristiche puntuali della struttura e del terreno circostante.

2.5 RISULTATI DEI CONTROLLI ED ANALISI DEI DATI - CRITERI PER L'INTERVENTO

La fase propedeutica alla manutenzione, è l'analisi dei dati che consentono la conoscenza dell'opera, sia dal punto di vista morfologico che prestazionale, effettuata attraverso le seguenti operazioni:

- rilievo del sistema;
- acquisizione dei dati;

I due punti trattati nei paragrafi precedenti, consentono la creazione di una banca dati relativa a ciascun elemento strutturale e formata da dati inseriti con criteri standardizzati.

Nel presente capitolo, saranno individuati ulteriori elementi di valutazione (valori di soglia, cause del degrado, possibili interventi, vincoli, priorità d'intervento), mediante i quali sarà possibile avere un quadro completo di informazioni, con il quale definire la tipologia dell'intervento ed i tempi per la sua realizzazione.

2.5.1 Relazione sulle patologie e Valori di soglia

Il rilievo dati è anzitutto integrato da una relazione sulle patologie, derivante dal confronto tra stato rilevato e stato ottimo, con individuazione dei risultati da ritenere patologici; ciò presuppone la definizione di valori di soglia per i parametri misurati; è possibile individuare, per uno stesso indicatore di stato, anche più di un valore di soglia.

Tra i molteplici valori di soglia individuabili al fine di evidenziare i minimi livelli prestazionali da preservare, si segnalano:

- soglia d'intervento ottimale, che definisce i valori degli indicatori di stato al di sotto dei quali occorre prendere in considerazione l'eventualità di eseguire interventi di manutenzione straordinaria;
- soglia minima di intervento, che definisce i valori degli indicatori di stato al di sotto dei quali occorre senz'altro eseguire interventi di manutenzione straordinaria.

	TIPO DI DEGRADO	SOGLIA D'INTERVENTO OTTIMALE	SOGLIA MINIMA D'INTERVENTO
1)	ANOMALIE DELLE PAVIMENTAZIONI FLESSIBILI		

	TIPO DI DEGRADO	SOGLIA D'INTERVENTO OTTIMALE	SOGLIA MINIMA D'INTERVENTO
1.1	lesioni e/o fessurazioni del conglomerato bituminoso superficiale	Difetti visibili sulla pavimentazione in sito	lesioni e/o fessurazioni del conglomerato bituminoso superficiale
2) ANOMALIE DEL CALCESTRUZZO			
2.1	ammaloramento e/o distacchi superficiali del calcestruzzo	calcestruzzo con lievi lesioni visibili in superficie	porzioni di calcestruzzo distaccate
2.2	copriferro insufficiente	andamento dei ferri visibile dalla superficie	ferro d'armatura scoperto ed in vista
2.3	lesioni del calcestruzzo	lesioni visibili < 1mm	lesioni visibili > 1mm
3) ANOMALIE DELLE PARTI METALLICHE			
3.1	ferri d'armatura: ossidazioni, riduzione sezione resistente	ferro d'armatura già visibile	ferro d'armatura scoperto e in vista
3.2	supporti di ancoraggio: allentamento e/o rottura perni o bulloni	elemento ancorato fisso ma con allentamento di alcuni bulloni	elemento ancorato non fisso
3.3	lesioni o "cricche" di saldatura	presunti degradi della saldatura	presunti degradi della saldatura
3.4	svergolamento flessione, deformazione elementi strutturali	deformazioni riscontrabili da incastri non perfetti	deformazioni riscontrabili da incastri non perfetti
3.5	sfogliamento vernice, ossidazione	vernice con lesioni visibili superficialmente	vernice con lesioni visibili superficialmente
4) ANOMALIE ELEMENTI DI FINITURA			
4.1	ostruzione e/o rottura elementi di scarico e raccolta acque	--	formazione di ristagni d'acqua per mancato smaltimento
4.2	Distacco/degrado cavi di messa a terra	Cavi scoperti	Cavi distaccati o non integri
5) DIFETTI LEGATI ALL'ACQUA			
5.1	Infiltrazioni in corrispondenza di giunti	Segni di umidità in corrispondenza del giunto	Percolazioni e/o infiltrazioni
5.2	Infiltrazioni diffuse sulla superficie	Segni di umidità in corrispondenza di una porzione di parete o soletta	Percolazioni e/o infiltrazioni
5.3	Infiltrazioni in corrispondenza di punti singolari	Segni di umidità	Percolazioni e/o infiltrazioni

2.5.2 Analisi delle cause di degrado

L'analisi delle cause di degrado è finalizzata all'individuazione e alla diagnosi delle patologie. In molti casi, l'esecuzione d'interventi di manutenzione senza l'individuazione e la rimozione delle cause di degrado, risulterebbe poco efficace, portando miglioramenti prestazionali di durata molto limitata nel tempo.

La diagnosi avviene attraverso le seguenti fasi:

- si prendono in considerazione gli stati del sistema ritenuti patologici;
- nel caso in cui per un elemento coesistano più patologie, si individuano quelle

più significative;

- per ogni patologia si redigono dei diagrammi causa-degrado;
- si individuano le cause principali;
- se l'individuazione delle cause appare incerta, si provvede alla raccolta di dati più approfonditi.

I diagrammi causa-degrado possono essere eseguiti per ogni elemento e per i degradi significativi; tali diagrammi costituiscono anche la base per l'implementazione di sistemi informatizzati di gestione della manutenzione.

In base alle esperienze maturate nella manutenzione, l'Amministrazione può compilare un manuale in cui siano raccolti e riportati i diagrammi causa-degrado con riferimento alle principali tipologie di ciascun elemento tecnico, con le principali patologie che possono verificarsi per essi (sarebbe auspicabile che tale raccolta dati fosse realizzata dall'insieme degli Enti gestori, al fine di ottenere una casistica soddisfacentemente ampia ed esauriente).

2.5.3 Individuazione degli interventi

In tale fase, devono essere individuati gli elementi sui quali intervenire e deve essere prevista e definita la tipologia dei lavori da eseguire. La scelta da attuare deve prevedere in primo luogo, quando possibile, la rimozione delle cause di degrado; in secondo luogo, occorre definire obiettivi e tecniche esecutive dei lavori.

Poiché le conoscenze e le tecnologie disponibili consentono più alternative tecniche per ogni tipo di intervento, il confronto tra diverse soluzioni va eseguito tenendo presenti sia le condizioni di fattibilità dello specifico intervento, sia la sua efficacia.

Tale efficacia deve essere valutata non solo in relazione alle prestazioni del sistema subito dopo le operazioni di manutenzione, ma anche in relazione alle sue prestazioni nel tempo.

Diventano allora essenziali i requisiti di affidabilità, capacità del sistema di mantenere le proprie prestazioni entro un range di valori prefissato, per un dato periodo di tempo ed in determinate condizioni d'uso, di sollecitazione, di manutenibilità e di attitudine ad essere oggetto di manutenzione.

2.5.4 Analisi dei vincoli e delle priorità

L'esecuzione degli interventi può essere soggetta a vincoli di varia natura, ossia a condizioni che devono essere rispettate e opportunamente valutate.

I principali vincoli sono dovuti all'interferenza tra le attività di manutenzione, al clima e, più in generale, alla circostanza di dover intervenire su di un sistema che offre un servizio che è sempre preferibile non interrompere.

Le operazioni di manutenzione vanno classificate secondo una lista di priorità che tenga conto del livello e delle conseguenze del degrado e, talvolta, anche di particolari esigenze dell'Amministrazione; in tal modo, si possono distinguere tre classi principali di interventi:

- 1) il degrado di un elemento non comporta innesco di fenomeni di degrado in altri componenti
- 2) pericoli per la sicurezza: l'intervento può essere dilazionato nel tempo in funzione della severità e dell'estensione del degrado.

Il degrado di un elemento comporta l'innesco di fenomeni patologici in altri componenti (senza la compromissione immediata del requisito di sicurezza), con conseguente aumento dei costi di manutenzione nel caso in cui non si intervenga tempestivamente: l'intervento deve essere eseguito con una certa urgenza.

- 3) il degrado porta alla compromissione del requisito di sicurezza: l'intervento deve essere eseguito al più presto.

3 MANUALE DI MANUTENZIONE

3.1 GENERALITA'

Gli interventi di manutenzione vanno distinti in operazioni periodiche su opere "funzionanti" ed in operazioni straordinarie su opere più o meno compromesse nel loro funzionamento o da adeguare strutturalmente in dipendenza di fattori esterni (nuove prescrizioni normative, variazione del grado di sismicità della zona, ecc.).

Tanto per le prime, quanto per le seconde occorre operare non solo nell'ottica della pura e semplice riparazione, ma anche e soprattutto in quella della prevenzione; vanno quindi considerati fondamentali quegli interventi necessari ad allungare la vita utile dell'opera, per realizzare i quali potrebbe essere anche necessario "sacrificare" delle parti ancora integre dell'opera.

3.2 OPERAZIONI PROGRAMMATE DI MANUTENZIONE PERIODICA

Sono così raggruppabili:

- 1) pulizia semplice con mezzi meccanici o con operazioni manuali; asportazione di materiali estranei come sporczia o vegetazione parassite e attività similari;
- 2) sostituzione di elementi deteriorati con semplici operazioni di smontaggio e montaggio;
- 3) piccoli risarcimenti, stuccature, riparazioni con malte cementizie o malte sintetiche o malte bicomponenti;
- 4) riparazioni localizzate di pavimentazioni e impermeabilizzazioni con materiali bituminosi;
- 5) protezione contro la corrosione con verniciature localizzate;
- 6) operazioni di lubrificazione e ingrassaggio;
- 7) riparazioni localizzate dei sistemi di raccolta acque;
- 8) manutenzione in efficienza delle strutture di accesso per i controlli periodici.

3.3 OPERAZIONI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA

Sono raggruppabili nelle seguenti tipologie:

- operazioni di restauro e/o di adeguamento di parti strutturali in calcestruzzo (semplice o armato) da eseguire con tecnologie diverse (malte cementizie sempre speciali, malte sintetiche o bicomponenti, cavi esterni, chiodature, giunti, ecc.) previa protezione delle armature dalla corrosione, se necessario;
- protezione di calcestruzzi o di murature dalle azioni disgreganti del gelo, dai sali fondenti e dalle aggressioni atmosferiche, con operazioni di verniciatura (film protettivi), d'impregnazione, ecc.
- iniezioni di fessure in strutture in cemento armato semplice, con boiacche cementizie o resine termoindurenti;
- manutenzione delle bullonature o delle saldature di strutture metalliche. Pulizia, ingrassaggio e sostituzioni di parti di usura delle stesse;

- protezione contro la corrosione di strutture metalliche con operazioni di sverniciatura e riverniciatura complete su di una parte o sulla totalità delle superfici;
- riparazione o ricostruzione o adeguamento dei sistemi di drenaggio (pozzetti di raccolta, tubi di scarico, ecc.);
- riparazione o ricostruzione di pavimentazioni ed impermeabilizzazioni; prima esecuzione di impermeabilizzazione.

Per gli interventi straordinari è possibile una definizione particolareggiata delle tecniche d'intervento, dei criteri di scelta e delle caratteristiche tecnologiche dei materiali da utilizzare; tuttavia, anche in questo caso, è necessario tenere ben presente l'insieme dei fattori soggettivi legati alle diverse situazioni locali, per evitare pericolose generalizzazioni ed individuare l'effettiva necessità di interventi, che a volte non sono certamente fondamentali per la durabilità dell'opera, come in altri casi.

3.4 INTERVENTI PERIODICI DI MANUTENZIONE ORDINARIA

Nel presente paragrafo, sono descritte dettagliatamente le operazioni da eseguire sugli elementi caratteristici dell'opera in esame, nell'ambito degli interventi periodici di manutenzione ordinaria.

3.4.1 Opere d'arte

Per tale categoria, le operazioni di manutenzione ordinaria di regola comprendono:

- pulizia delle varie parti dell'opera compresi gli appoggi, anche con mezzi meccanici, al fine di asportare tutti i materiali estranei;
- sostituzione di elementi accessori deteriorati con operazioni di semplice smontaggio e montaggio;
- riparazioni localizzate superficiali di parti strutturali, da effettuare anche con materiali speciali;
- riparazioni localizzate di impermeabilizzazione e pavimentazione;
- interventi localizzati contro la corrosione.

Si analizzano in particolare alcune operazioni specifiche:

Impermeabilizzazione

Gli strati impermeabilizzanti, oltre che possedere permeabilità all'acqua praticamente nulla, devono essere eseguiti in modo da avere:

- elevata resistenza meccanica, specie alla perforazione in relazione sia al traffico di cantiere che alle lavorazioni che seguiranno la stesa dello strato impermeabilizzante;
- deformabilità, nel senso che il materiale dovrà seguire le deformazioni della struttura senza fessurarsi o distaccarsi dal supporto, mantenendo praticamente inalterate tutte le caratteristiche di impermeabilità e di resistenza meccanica;

- resistenza chimica alle sostanze che possono trovarsi in soluzione o sospensione nell'acqua di permeazione. In particolare dovrà tenersi conto della presenza in soluzione dei cloruri impiegati per uso antigelo;
- durabilità, nel senso che il materiale impermeabilizzante dovrà conservare le sue proprietà per una durata non inferiore a quella della pavimentazione, tenuto conto dell'eventuale effetto di fatica per la ripetizione dei carichi;
- compatibilità ed adesività sia nei riguardi dei materiali sottostanti sia di quelli sovrastanti (pavimentazione);
- altre caratteristiche che si richiedono sono quelle della facilità di posa.

Le citate caratteristiche dell'impermeabilizzazione, devono conservarsi inalterate:

- tra le temperature di esercizio che possono verificarsi nelle zone in cui il manufatto ricade e sempre, comunque, tra le temperature di -10° e $+60^{\circ}\text{C.}$; sotto l'azione degli sbalzi termici e sforzi meccanici che si possono verificare all'atto della stesa delle pavimentazioni o di altri strati superiori. Dovranno prevedersi prove e controlli di qualità e possibili prove di efficienza.

Si dovranno utilizzare materiali e trattamenti per i quali si disponga di un'adeguata documentazione sperimentale, in particolare per ciò che riguarda la permanenza nel tempo delle caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche.

Si raccomanda la massima cura nella finitura delle superfici da proteggere.

Gli spessori degli strati da stendere dovranno essere comunque tali da coprire con sicurezza ed efficacia le eventuali irregolarità superficiali e consentire la sicura continuità degli strati.

Calcestruzzi

In caso vi siano fenomeni di carbonatazione in atto, occorre rimuovere le parti ammalorate, pulire e trattare le eventuali armature scoperte e ripristinare le superfici con malte o betoncini ad alta resistenza e rapido indurimento.

In particolare, si dovrà procedere secondo le seguenti fasi:

- demolizione mediante picchettatura manuale delle zone ammalorate;
- sabbiatura di tutta la superficie messa a nudo compresi i ferri di armatura che saranno portati a metallo bianco;
- trattamento superficiale dei ferri scoperti con vernici contenenti inibitori di corrosione, applicate a pennello;
- applicazione sulla zona interessata di malte al ritiro compensato, fortemente adesive e ad elevata resistenza.

3.4.2 Scarpate

Le scarpate dovranno essere tenute sotto controllo, onde verificare il loro stato di conservazione con particolare riguardo a:

- verifica della stabilità dei pendii;
- verifica dello stato delle canalette per il deflusso delle acque stradali.

A tal fine, con gli interventi di manutenzione ordinaria si provvederà a ripristini

localizzati delle scarpate soggette a fenomeni di erosione, alla pulizia di embrici e canalette.

Inoltre, occorre procedere al taglio della vegetazione presente, da effettuarsi più volte all'anno in funzione dell'andamento stagionale.

3.4.3 *Smaltimento acque meteoriche*

La pulizia e gli eventuali lavori di prevenzione e di riparazione che si rendessero necessari, dei pozzetti e degli scarichi orizzontali, possono comprendere:

- scoperchiatura dei pozzetti, effettuata con attrezzature d'uso idonee e con ogni cura per non danneggiare i chiusini stessi, i telai o la zona di pavimentazione circostante.
- spurgo e lavaggio dei pozzetti compresi i raccordi di immissione e le bocchette (si consiglia l'immissione di acqua a forte pressione e contemporaneamente l'aspirazione del materiale melmoso)
- pulizia di cunette, fossi di guardia, fognature orizzontali, effettuata sia a mezzo di tubazioni d'acqua a forte pressione, sia con strumenti idonei per l'asportazione di ogni incrostazione o residuo.
- accurata verifica per controllare la perfetta efficienza e la funzionalità dei manufatti di canalizzazione orizzontale per lo smaltimento delle acque, in modo da eliminare, ove possibile, ogni infiltrazione di acqua e difetto di tenuta.
- verifica del piano di calpestio e della impermeabilizzazione dei cunicoli, al fine di controllarne la stabilità e la tenuta.

3.4.4 *Pavimentazioni flessibili*

Tra le operazioni di manutenzione più frequenti e significative, rientrano quelle relative alle pavimentazioni, il cui degrado, oltre a comportare problemi al normale scorrimento del traffico, costituisce un reale pericolo per la sicurezza del traffico veicolare.

Ai fini della gestione della manutenzione, è importante disporre di un idoneo inquadramento sulla natura dei possibili degradi e sulle cause origine degli stessi; a tal fine appare adatta la seguente classificazione:

- risalita di bitume: si tratta di uno strato sottile di bitume che si raccoglie sulla superficie della pavimentazione, in chiazze di colore scuro; tale fenomeno è causato da una cattiva formulazione del conglomerato bituminoso;
- fessurazione a blocchi: si presenta con lesioni che dividono la pavimentazione in blocchi della superficie di circa 1 mq. E' causata dai fenomeni di ritiro del conglomerato bituminoso e dai cicli termici; indica un surriscaldamento del conglomerato in fase di miscelazione;
- avvallamenti: sono zone della pavimentazione con un livello più basso rispetto a quello delle aree circostanti causati da cattiva esecuzione o da intervenuti assestamenti del piano di posa;
- lesioni da richiamo di giunti: tale degrado si ha solo nel caso di pavimentazioni rigide ricoperte con uno strato di conglomerato bituminoso, esso è originato dalla risalita delle lesioni innescate in corrispondenza dei giunti delle lastre in cls.
- distacco o dislivello dal cordolo: è la lesione che si determina per la differente capacità portante solitamente presente tra le due oppure è causata dall'assestamento del sottofondo della pavimentazione o dall'azione del gelo o

dalla variazione di volume del sottofondo;

- lesioni longitudinali e trasversali: per tali si intendono le lesioni parallele all'asse o perpendicolari, dovute a contrazione del conglomerato bituminoso alle basse temperature, richiamo di lesioni sottostanti delle lastre di cls non corrispondenti dei giunti;
- deterioramento dei rappezzi: consiste nel degrado più o meno rapido degli interventi di ripristino effettuati sulla pavimentazione, errata scelta dei materiali e/o cattiva esecuzione della riparazione;
- buche: consistono nella asportazione di materiale di uno più strati della pavimentazione a seguito del mancato rispetto degli intervalli di manutenzione;
- rigonfiamenti: tale degrado consiste nel sollevamento di una parte piccola o estesa della pavimentazione derivante, usualmente, dall'azione del gelo; può anche conseguire dall'incurvatura delle lastre in cls sottostanti.

Qualsiasi alterazione della pavimentazione stradale, dovrà essere eliminata mediante interventi che potranno anche essere di tipo puntuale (intendendo comunque aree regolari pur se ristrette e circoscritte).

Qualora si superi il “valore di soglia”, l'intervento deve essere più ampio. Nel caso specifico, si può determinare quale “valore di soglia” oltre il quale è obbligatorio un intervento di rifacimento, la condizione di degrado che può generare una situazione di pericolo nel transito. In tale evenienza, si provvederà ad asportare il tratto completo deteriorato e a porre in opera un nuovo tappeto o strati di sovrastruttura, a seconda dell'ammaloramento riscontrato.

I ripristini dovranno essere effettuati con trattamenti, manti e materiali di adeguate caratteristiche e potranno riguardare sia il solo strato di usura che quelli sottostanti.

I ripristini dovranno risultare continui e uniformi sia nella qualità, che nello spessore dei manti.

3.4.5 Giunti

I singoli elementi sono soggetti a degrado e danneggiamento nel tempo per effetto delle azioni combinate dovute al clima (pioggia, nebbia, gelo, neve, sali disgelanti, raggi u.v.), all'inquinamento dell'aria e dell'acqua di piattaforma e dovuto al traffico.

Per tale categoria, le operazioni di manutenzione di regola comprendono:

- pulizia della scossalina;
- ripristini localizzati del coprigiunto e della pavimentazione adiacente;
- sostituzione

Possiamo suddividere i lavori in due categorie:

- lavori di riparazione;
- lavori di sostituzione.

Lavori di revisione

Comprendono le attività di manutenzione ordinaria e straordinaria connesse con il progressivo degrado nel tempo degli elementi. Le attività saranno gestite in funzione delle risultanze delle ispezioni periodiche effettuate dall'Ente gestore, mirate a:

- rilevare lo stato di conservazione delle installazioni (sorveglianza);
- valutare il livello di degrado raggiunto;
- individuare le necessità d'intervento.

La definizione in sede di progetto delle necessità e della frequenza degli interventi sarà legata alla risultanza di scarsa tenuta all'acqua, irregolarità del coprigiunto o della pavimentazione in prossimità del giunto

A titolo esemplificativo, nella seguente tabella, si riporta la schede di manutenzione dei dispositivi di giunto

Elemento costitutivo dell'opera	Monitoraggio			Manutenzione	
	Prestazione richiesta	Verifiche e controlli	Frequenza	Attività	Cadenza
Scossalina	Tenuta all'acqua	Stato di conservazione e della tenuta dell'acqua	Una volta ogni anno	Pulizia ed eventuale sigillatura di percolazioni	Secondo necessità
coprigiunto	Transitabilità del giunto	Stato di conservazione e della regolarità con la pavimentazione	Una volta ogni 3 mesi	Ripristini localizzati del coprigiunto e/o della pavimentazione adiacente	Secondo necessità

TABELLA : SCHEDA DI MANUTENZIONE GIUNTI

Lavori di riparazione

Trattasi dei lavori di sostituzione di elementi dovuti al forte degrado. La frequenza degli interventi necessari è legata anche alle caratteristiche del tratto stradale in cui gli elementi di ritenuta sono installati. La sostituzione completa dei giunti deve essere fatta con decorrenza media di 8/10 anni da personale specializzato.

3.4.6 Barriere di sicurezza

Introduzione

Il progetto dei dispositivi di ritenuta prevede i seguenti elementi:

- barriere metalliche per bordo laterale;
- barriere metalliche per bordo opera d'arte, dotate di sistema d'ancoraggio ai cordoli in c.a.;

I singoli elementi costituenti l'opera sopra elencati sono soggetti a degrado e danneggiamento nel tempo per effetto delle azioni combinate dovute al clima (pioggia, nebbia, gelo, neve, sali disgelanti, raggi u.v.), all'inquinamento dell'aria e dell'acqua di piattaforma dovuto al traffico nonché alle azioni d'urto prodotte dai veicoli in caso d'incidente.

Le operazioni di manutenzione dei sistemi di ritenuta installati saranno suddivise in:

- lavori di revisione;
- lavori di riparazione.

Ogni attività di manutenzione dovrà essere eseguita previa consultazione del "Manuale per l'utilizzo e l'installazione del dispositivo di ritenuta stradale". Dovrà essere compilata la scheda d'intervento.

Fascicolo delle caratteristiche dell'opera

Trattandosi di lavori d'installazione di prodotti prefabbricati, le caratteristiche delle opere previste in progetto potranno subire modifiche ed adeguamenti durante l'esecuzione dei lavori in relazione al tipo di prodotti che l'impresa appaltatrice impiegherà.

L'Impresa, pertanto, al termine dei lavori dovrà consegnare all'Ente gestore della strada un "Fascicolo delle caratteristiche dell'opera" contenente le caratteristiche costruttive dei singoli elementi costituenti il dispositivo di ritenuta messo in opera.

Manutenzione ordinaria e straordinaria dell'opera

Lavori di revisione

Comprendono le attività di manutenzione ordinaria e straordinaria connesse con il progressivo degrado nel tempo degli elementi costituenti l'opera. Le attività saranno gestite in funzione delle risultanze delle ispezioni periodiche effettuate dall'Ente gestore, mirate a:

- rilevare lo stato di conservazione delle installazioni (sorveglianza);
- valutare il livello di degrado raggiunto;
- individuare le necessità d'intervento.

La definizione in sede di progetto delle necessità e della frequenza degli interventi è complessa e comunque poco affidabile in relazione a due aspetti principali:

la natura specifica dell'opera, costituita da elementi prefabbricati la cui installazione in opera comporta solo limitate azioni d'adeguamento;

l'assenza di una specifica esperienza statistica sul comportamento in opera nel tempo degli elementi di ritenuta connessa con il fatto che l'omologazione degli stessi è intervenuta solo di recente.

A titolo indicativo si riportano nel seguito le schede di manutenzione per le principali categorie di lavori compresi nell'appalto. L'Impresa appaltatrice dovrà allegare al "fascicolo delle caratteristiche dell'opera" le schede di manutenzione aggiornate, integrate o modificate nei contenuti in relazione alle caratteristiche degli elementi prefabbricati posti in opera.

In Tabella A e in Tabella B sono sintetizzati gli interventi di manutenzione previsti per le barriere metalliche da bordo laterale e da bordo opera d'arte.

Elemento costitutivo dell'opera	Monitoraggio			Manutenzione	
	Attività	Aspetti da valutare	Frequenza	Attività	Cadenza
Barriera	Rilievo visivo	- Stato di ossidazione degli elementi - Condizioni di serraggio dei bulloni - Stato di conservazione e pulizia elementi catarifrangenti.	Una volta ogni anno	- Serraggio bulloni; - Pulizia catarifrangenti; - Sostituzione catarifrangenti; - Sostituzione elementi ossidati; - Lubrificazione parti mobili.	In base alle risultanze del monitoraggio periodico
Terreno di supporto	Rilievo visivo	- Erosione del terreno a tergo del paletto	Una volta ogni 3 anni	- Riprofilatura del rilevato a tergo dei paletti	In base alle risultanze del monitoraggio periodico

TABELLA A: SCHEDA DI MANUTENZIONE N°1 - BARRIERE METALLICHE DA BORDO LATERALE

Elemento costitutivo dell'opera	Monitoraggio			Manutenzione	
	Attività	Aspetti da valutare	Frequenza	Attività	Cadenza

Elemento costitutivo dell'opera	Monitoraggio			Manutenzione	
	Attività	Aspetti da valutare	Frequenza	Attività	Cadenza
Barriera	Rilievo visivo	- Stato di ossidazione degli elementi; - Condizioni di serraggio dei bulloni; - Stato di conservazione e pulizia elementi catarifrangenti.	Una volta ogni anno	- Serraggio bulloni; - Pulizia catarifrangenti; - Sostituzione catarifrangenti; - Sostituzione elementi ossidati;	In base alle risultanze del monitoraggio periodico
Sistemi di ancoraggio	Rilievo visivo	- Condizioni di serraggio ancoranti; - Ossidazione degli elementi.	Una volta ogni anno	- Serraggio bulloni; - Verniciatura antiossidante; - Verniciatura protettiva della carpenteria metallica.	In base alle risultanze del monitoraggio periodico

TABELLA B: SCHEDA DI MANUTENZIONE N°2 - BARRIERE DA BORDO OPERA D'ARTE

Lavori di riparazione

Trattasi dei lavori di riparazione e di sostituzione di elementi componenti il sistema protettivo conseguenti a urti con veicoli in svio dalla sede stradale. La frequenza degli interventi necessari è legata al tasso d'incidentalità caratteristico del tratto stradale in cui gli elementi di ritenuta sono installati.

3.4.7 Opere a verde

Le operazioni di manutenzione ordinaria legata alle opere a verde riguardano sfalcio dell'erba all'interno dell'area di competenza con rifinitura dei cordoli con asportazione del materiale di risulta, comprensiva di raccolta, carico, trasporto e conferimento del materiale di risulta incluso l'onere di smaltimento presso le P.P.D.D.;

Tutte le operazioni dovranno essere eseguite da operatori specializzati.

Operazione	Interventi anno				
	1° anno	2° anno	3° anno	4° anno	5° anno
Sfalcio dell'erba all'interno dell'area di competenza con rifinitura dei cordoli con asportazione del materiale di risulta. Comprensiva di ogni attrezzo, attrezzatura, mezzo meccanico necessario, nonché di raccolta, carico, trasporto e conferimento del materiale di risulta incluso l'onere di smaltimento presso le P.P.D.D.;	2	2	2	2	2

3.4.8 Altri aspetti della manutenzione ordinaria

Ulteriori operazioni di manutenzione ordinaria, dovranno riguardare inoltre:

- segnaletica orizzontale e verticale (necessità di pulizie più frequenti rispetto all'esterno per la verticale; di rifacimento più frequente e/o con diversa tecnologia per la orizzontale).
- ripristino di strutture ed impianti danneggiati da incidenti; a monte di tale attività è anche molto spesso necessario svolgere un'azione di ispezione per il rilevamento di danni alle strutture ed agli impianti (per questi ultimi è necessaria anche una verifica di funzionamento).

3.5 INTERVENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA

(ripristino calcestruzzi, impermeabilizzazioni, smaltimento acque)

Il progetto del ripristino sceglierà la tecnica e/o i materiali più adatti, fissandone i limiti e le caratteristiche per lo specifico lavoro.

3.5.1 *Miscele per ripristino e/o protezione di strutture degradate o soggette*

Scopo del ripristino dei calcestruzzi, è ricreare la sagoma di progetto del manufatto in corrispondenza dei punti degradati o ricostituire i coprifermo che si sono carbonatati. Questo ripristino, dove manchino precise indicazioni di progetto, potrà essere eseguito sia con malta legante in resina epossidica, sia con malte cementizie premiscelate (prefabbricate) a ritiro compensato (reoplastiche), sia con malte predosate a due componenti a base di leganti cementizi modificati con resine sintetiche; infine con malte cementizie premiscelate reoplastiche fibrorinforzate, senza ritiro, resistenti ai solfati.

Indicativamente, sarà sempre preferibile usare le malte a legante cementizio o prevalentemente cementizie, rispetto a quelle a matrice sintetica, da usare solo in casi particolari quando si richiedono resistenze molto elevate in tempi brevi, per quantità molto limitate (l'uso di malte a legante totalmente sintetico è sconsigliato perché i coefficienti di dilatazione di queste malte sono molto diversi da quelli del calcestruzzo di cemento; inoltre, in caso di applicazione in ambiente esterno, l'azione degli u.v. invecchia rapidamente, infragilendo molte malte sintetiche).

Nell'ambito delle miscele a base cementizia i campi d'impiego prevalenti sono:

- malte premiscelate reoplastiche a ritiro compensato: placcature a sbruffo a basso spessore (fino a 3-4 cm) su strutture massicce e soggette prevalentemente a compressione (esempio tipico: pareti, giunti di placatura in galleria) da usare con rete elettrosaldata per compensare le espansioni;
- betoncini reoplastici a ritiro compensato: ottenuti per miscelazione di una malta o boiaccia reoplastica con inerti selezionati: ripristini di solette, getti in cassaforma di dimensioni ridotte (fino a 10 cm);
- malte predosate a due componenti a base di leganti cementizi modificati con resine sintetiche:
 - 1 a basso modulo elastico, per il ripristino corticale o la rifinitura di strutture soggette a forti deformazioni per flessione e/o trazione, con bassi spessori di ricoprimento (intonaco protettivo) di massimo 2 cm di spessore, da posarsi senza rete elettrosaldata di compensazione;
 - 2 a modulo elastico normale, per il ripristino corticale di strutture a deformazione di flessione medio basse (travi ad armatura lenta, in c.a.o.) o anche per strutture compresse di tipo snello;
- malte premiscelate reoplastiche a ritiro compensato, fibrorinforzate ad alta duttilità, da usare per colaggio in cassaforma per strutture o porzioni di esse soggette a concentrazioni di sforzi, urti, azioni di trazione (per impedire la trasmissione di fessure).

Tra i materiali speciali per il ripristino possono essere annoverati anche i calcestruzzi ad alta durabilità, purché ad essi vengano conferite le caratteristiche di compensazione del ritiro con agenti espansivi che operino in fase d'indurimento della miscela (indicativamente a base di ossido di calcio). L'utilizzazione di questi materiali, è prescritta per grossi getti di ripristino comunque di dimensioni non inferiori a 10 cm di

spessore (salvo diversa prescrizione di progetto) e deve essere preceduta da una serie di prove di laboratorio per la determinazione della miscela da usare.

Le superfici ottenute con la demolizione delle parti degradate, dovranno essere preparate prima del ripristino, sia che si usino malte sintetiche che malte cementizie, salvo nel caso si impieghino idrodemolizioni e malte cementizie.

3.5.1.1 Idrodemolizione

Tecnica speciale di demolizione delle superfici in cls (solette ed anche pareti verticali) di qualsiasi resistenza, effettuata con impiego di idonei idrodemolitori capaci di getti d'acqua fino a pressione in uscita di 1.200/1.500 bar e con portata compresa tra 100 e 300 litri/minuto. Tale tecnica è particolarmente vantaggiosa perché veloce, non genera microlesioni nel cls non demolito e prepara perfettamente superfici e ferri da ripristinare.

Gli idrodemolitori dovranno essere corredati da idonee attrezzature per la demolizione, anche con comando a distanza, sistemi di prerogolazione e metodi per la compensazione dei rinculi; dovranno inoltre essere corredati da sistemi di sicurezza e protezione dagli elementi di calcestruzzo demolito.

Saranno preferiti i sistemi tarabili sulla resistenza massima del calcestruzzo da demolire, in modo da eliminare automaticamente il solo materiale degradato, per esempio quello al di sotto di Rck 200 kg/mc o altra classe che si vuole asportare. Sarà preferibile, ai fini dell'economia dell'intervento, definire a priori lo spessore medio del calcestruzzo da asportare (perché degradato o perché da eliminare per esempio per ricostituire un coprifermo carbonatato) in modo da non spingere troppo le demolizioni, senza un miglioramento.

3.5.1.2 Trattamenti prima del ripristino

Preparazione delle superfici da ripristinare

Le superfici da ripristinare, verranno preparate asportando il calcestruzzo degradato e trattandole successivamente, se non si è usata la tecnica dell'idrodemolizione, con sabbiatura a secco, idrosabbiatura, spazzolatura, oppure con un getto di vapore d'acqua a 100°C ad una pressione di 78 bar, per asportare piccole parti residue in fase di distacco, l'ossido eventualmente presente sui ferri di armatura, allontanare polveri, impurità, tracce di grassi, oli e sali aggressivi ed ottenere quindi un calcestruzzo sano, pulito e compatto.

Il sistema di pulizia del sottofondo verrà scelto in funzione delle condizioni con cui questo si presenta e/o della sua ubicazione nell'ambito della struttura, o della tecnica di demolizione usata.

I ferri di armatura del cemento armato, messi a nudo nella fase di asportazione del calce-struzzo ammalorato, potranno essere ulteriormente ripuliti a metallo quasi bianco con la sabbiatura (ciò viene fatto se non è necessaria un'armatura aggiuntiva o se questa non può essere posta in opera) e dovranno essere trattati con opportuno inibitore di corrosione, avente la specifica funzione di impedire o ritardare la nuova formazione dell'ossido; l'inibitore usato non deve alterare l'aderenza malta di ripristino -ferro trattato.

Mano di attacco per malte di resine epossidiche

La mano di attacco sarà costituita da una sottile pellicola di resina epossidica pura, composta da una base più un indurente e compatibile con fondi umidi. Le applicazioni dovranno essere fatte su supporto privo di tracce di solventi e/o di disarmanti.

Si dovrà tenere presente l'influenza della temperatura e dello stato fisico del prodotto, perché ciascuna resina epossidica ha una temperatura minima di utilizzazione indicata dalle case produttrici (in genere si aggira intorno ai 5°C), al di sotto della quale la polimerizzazione avviene lentamente ed in modo incompleto. La miscelazione dei due componenti dovrà essere fatta solo con strumenti a lenta velocità di rotazione, al fine di evitare ogni inclusione di aria.

Prima della posa in opera, l'impasto si lascerà maturare per evitare che le sue caratteristiche meccaniche diminuiscano in seguito ad un possibile principio di separazione di fase, il quale si manifesta con marezzature della superficie.

Si procederà alla messa in opera della mano d'attacco usando pennelli o spazzole; solo quando la resina sarà divenuta pastosa per un principio di gelificazione, si potrà passare alla lavorazione successiva.

3.5.1.3 Messa in opera delle miscele di ripristino

Uso di malte e calcestruzzi cementizi premiscelati a ritiro compensato

Le miscele reoplastiche a ritiro compensato, fornite già premiscelate a secco, dovranno essere impastate in idonei miscelatori con il minimo quantitativo di acqua indicato dalla casa produttrice; saranno mescolate fino ad ottenere un impasto privo di grumi, aggiungendo eventualmente altra acqua qualora l'impasto non si presentasse di consistenza plastica, ma comunque senza superare i quantitativi massimi di acqua indicati dalla stessa casa produttrice.

La temperatura ottimale di impiego di dette malte, è di circa 20°C; sono tuttavia accettabili temperature comprese tra 10° e 35°C. Al di fuori di tale intervallo, l'applicazione del prodotto potrà avvenire solo previa valutazione di funzionamento (prova in opera su superfici limitate). Le malte saranno armate usando rete d'acciaio elettrosaldata delle dimensioni (sezioni del filo e larghezza di maglia) stabilite in progetto, per compensare il ritiro igrometrico e le azioni espansive della malta stessa; esse potranno contenere inoltre (per lavorazioni in zone particolarmente ventilate, con bassa umidità atmosferica e comunque su richiesta del progetto) microfibre di plastica (poliestere, o altre, comunque non attaccabili dagli alcali del cls) uniformemente distribuite nell'impasto al fine di evitare il ritiro plastico.

Data l'influenza del tenore d'acqua sulle proprietà delle malte, si eviterà con la massima cura che esso si modifichi durante la maturazione del getto. Siccome i pori del calcestruzzo di supporto vengono saturati dalla pulizia con acqua, è necessario che a quest'ultima faccia seguito tempestivamente l'applicazione della malta. Quando non viene impiegato il vapore per la pulizia del sottofondo, lo stesso sottofondo dovrà essere bagnato a rifiuto con acqua prima dell'applicazione del rivestimento.

Le malte dovranno essere messe in opera senza casseforme, quando lo spessore del ripristino non supera i 3-5 cm o quando ciò è espressamente previsto in progetto. Per getti di maggiori dimensioni o nei quali si richiedono resistenze di minore entità, potranno essere usati betoncini reoplastici ottenuti da miscele di malte reoplastiche ed inerti selezionati di maggiore pezzatura (massima 25 mm).

Nel caso delle malte pure, la posa in opera avverrà tramite sbruffatura (a cazzuola o con idonea attrezzatura di spruzzo). Dopo un certo tempo dipendente dalle condizioni climatiche, seguirà la fratazzatura. Indicativamente, la malta verrà fratazzata quando non aderisce più a mano che la tocchi leggermente (ciò al fine di evitare fessure di ritiro

dovute ad eccesso d'acqua superficiale).

Nel caso di impiego di casseforme, ove richiesto, si eviteranno quelle di legno per la loro porosità, a meno che non siano state rese impermeabili con idonee sostanze o trattamenti.

Le malte saranno protette dall'evaporazione con una mano di agenti di protezione antievaporazione (curing) subito dopo terminata l'operazione di messa in opera della malta; la copertura con l'antievaporante sarà tanto più rapida quanto più caldo e secco è il clima (l'antievaporante potrà essere evitato se si usano malte con microfibre di plastica).

Non sarà consentito l'impiego di fogli di polietilene trasparente per impedire l'evaporazione dell'acqua, in quanto questi ultimi impediscono la dispersione del calore di idratazione che può provocare fessure per dilatazione termica.

Uso di malte di resina epossidica

Nel caso in cui il ripristino sia eseguito interamente con malta di resina epossidica, si aggiungerà alla prima mano di attacco, a giudizio della D.L., uno strato di due o tre millimetri della stessa resina mista a filler.

Quando questa seconda mano avrà raggiunto consistenza plastica, si potrà mettere in opera la malta di resina epossidica.

Per preparare la malta, si mescoleranno i due componenti della resina con le stesse precauzioni precedentemente descritte per la mano d'attacco. In seguito, si introdurranno resina ed aggregati nel miscelatore e si mescolerà fino ad ottenere un impasto omogeneo.

Potranno essere accettati prodotti premiscelati, per esempio di resina ed inerti, cui è sufficiente aggiungere il solo induritore. Si eviterà in ogni modo, che rimangano granuli di resina pura nella malta e di conseguenza si sconsiglia l'uso di comuni betoniere da calcestruzzo. Indicativamente, un miscelatore con tazza mobile ruotante nel senso inverso a quello delle pale, dovrebbe consentire una più intima adesione fra la resina e gli inerti.

Questi ultimi saranno preferibilmente costituiti da sabbia calcarea di granulometria continua, asciutta e conservata al riparo dall'acqua; la sabbia calcarea è preferibile alla silicea per questi lavori, in quanto conferisce alla malta un coefficiente di dilatazione termica più vicino a quello del calcestruzzo tradizionale. La pezzatura massima degli inerti sarà proporzionale alla dimensione del ripristino, in ogni caso non supererà i 5 mm.

La messa in opera avverrà con spatole e si avrà cura di evitare ogni vibrazione del materiale una volta posto in opera. Il materiale a legante sintetico, infatti, è molto più sensibile alle vibrazioni delle miscele a legante cementizio.

Per lavori da fare in fase di esercizio o in presenza di traffico, data la presenza di vibrazioni con frequenza variabile secondo il tipo di traffico ed il tipo di opera, dovrà essere presentato uno studio sul materiale di ripristino per verificarne la sensibilità alle vibrazioni.

Malte predosate a due componenti a base di leganti cementizi modificati con resine sintetiche

Le malte cementizie predosate a due componenti, sono fornite complete di parte liquida

(A) e polvere (B) che vanno miscelate fra di loro all'atto dell'impiego, senza aggiungere acqua od altri ingredienti, escludendo quindi la possibilità di errori sul cantiere con assoluta certezza e costanza dei risultati.

La miscelazione dei due componenti, dovrà essere protratta sino ad ottenere un impasto ben amalgamato, privo di grumi. I diversi tipi di malte cementizie predosate a due componenti, si differenziano per il loro modulo elastico e si distinguono in:

- malte a basso modulo elastico
- malte a modulo elastico normale

La temperatura ottimale di impiego per le malte cementizie predosate a due componenti è di 20°C; tuttavia, sono accettabili temperature comprese tra 5° e 40°C. Fuori da tali intervalli, l'applicazione del prodotto potrà avvenire solo previo esami di verifica e con l'adozione di particolari accorgimenti indicati dal produttore dei materiali.

Le malte potranno essere messe in opera anche senza cassaforma, quando lo spessore del ripristino non superi i 3 cm o quando ciò sia espressamente previsto in progetto.

Il sottofondo dovrà essere saturato con acqua fino a rifiuto, applicando la malta a strati successivi, nello spessore indicato dalle schede tecniche della casa produttrice, direttamente con rinzaffo a cazzuola o con idonea attrezzatura a spruzzo, oppure con fratazzo metallico esercitando una buona pressione e compattazione sul sottofondo.

Per la realizzazione di spigoli, è opportuno aiutarsi posizionando una tavola su un lato. La rifinitura superficiale potrà essere ottenuta con fratazzo di spugna da passare alcuni minuti dopo l'applicazione, oppure con lisciatura a spatola metallica o dorso di cazzuola.

È assolutamente necessario mantenere umida la superficie della malta dopo l'applicazione e per alcune ore, impiegando acqua nebulizzata, oppure con specifico antievaporante da applicarsi a spruzzo.

L'antievaporante potrà essere impiegato solo quando non sono previsti rivestimenti successivi; nel in grado di aderire allo strato antievaporazione.

Quanto sopra per evitare la formazione di fessure dovute all'immediata evaporazione del liquido di impasto sotto l'azione del sole e del vento; l'eventuale verniciatura delle strutture ripristinate, potrà essere eseguita qualche giorno dopo l'esecuzione dei ripristini stessi in funzione delle condizioni ambientali.

Malte premiscelate reoplastiche fibrorinforzate, a ritiro compensato e resistenti ai solfati

Le malte premiscelate reoplastiche fibrorinforzate, sono fornite sotto forma di polvere contenente fibre di acciaio trattate con antiossidante, preconfezionate in pacchetti. legati con colle idrosolubili o altri sistemi che permettano la loro omogenea distribuzione nell'impasto, che richiede solo l'aggiunta d'acqua per ottenere in betoniera una malta reoplastica fluida e non segregabile, tixotropica, priva di ritiro, di elevato potere adesivo all'acciaio e al calcestruzzo, durevole anche in ambienti aggressivi.

La temperatura ottimale d'impiego per le malte reoplastiche fibrorinforzate è di 20°C; tuttavia sono accettabili temperature comprese tra 5° e 40°C.

Nel caso in cui la temperatura dell'ambiente sia molto bassa (5°-10°C), lo sviluppo delle resistenze meccaniche è più lento.

Qualora si richieda ugualmente un'elevata resistenza meccanica alle brevi stagionature, si devono adottare i seguenti provvedimenti:

- 1) conservare il prodotto in ambiente riparato dal freddo;
- 2) impiegare acqua calda (35°-50°C) per l'impasto;
- 3) iniziare i getti nella mattinata;
- 4) proteggere dall'ambiente freddo il getto coprendolo con teli impermeabili.

Se la temperatura dell'ambiente è molto elevata (30°C), l'unico problema esistente è la perdita di lavorabilità. Qualora la perdita di lavorabilità sia eccessiva in relazione allo specifico tipo d'impiego, si consiglia di adottare i seguenti provvedimenti:

- 1) conservare il prodotto in luogo fresco;
- 2) impiegare acqua fresca, eventualmente raffreddata con ghiaccio tritato;
- 3) preparare la malta nelle ore meno calde della giornata.

Nei climi caldi, asciutti e ventilati, si raccomanda di porre particolare attenzione alla stagionatura applicando una pellicola di prodotto antievaporante sulla parte di malta esposta all'aria, subito dopo la rifinitura della superficie.

A seconda del tipo di lavoro, si riportano nella tabella che segue, le consistenze suggerite, i relativi valori di spandimento ed il dosaggio di acqua. Queste malte non devono essere sensibili alle vibrazioni in fase di presa, per poter essere impiegate in presenza di traffico.

TIPO DI LAVORO	CONSISTENZA SUGGERITA	SPANDIMENT O ASTM C 230 (%)	LITRI DI ACQUA PER SACCO DI MALTA
Applicazione per colaggio	fluida	90 - 120	3,7 - 4,3
Applicazione a rinzaffo	plastica	30 - 50	2,8 - 3,2

Richiesta d'acqua per le malte

Calcestruzzi a ritiro compensato, ad alta durabilità, confezionati in cantiere

I calcestruzzi possono divenire “calcestruzzi per ripristino ad impiego speciale” se si opera, oltre che con i superfluidificanti, anche con gli espansivi ad azione ritardata. L'impiego in manutenzione potrà avvenire solo se espressamente previsto in progetto e con valutazione preventiva all'inizio delle lavorazioni della composizione delle miscele che si intende adottare, basata su specifiche norme e su indicazioni di progetto; ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una documentazione degli studi effettuati in laboratorio, attraverso i quali si sono ricavate le ricette ottimali. Una volta definita la composizione dei calcestruzzi, ci si dovrà ad essa attenere rigorosamente, comprovando questa osservanza con esami periodici commisurati alle quantità di materiale prodotto.

3.5.1.4 Requisiti delle miscele – controlli

Tutte le malte sintetiche, cementizie e reoplastiche fibro-rinforzate impiegate per il ripristino, dovranno avere le seguenti caratteristiche meccaniche minime:

- ritiro nullo e/o leggero effetto espansivo da controllare con norma UNI 8147.
- Le azioni di espansione per il controllo del ritiro, dovranno avvenire in fase di indurimento del materiale e non quando esso ha consistenza plastica.

- Per malte fibrorinforzate, l'espansione deve risultare, alla prova di espansione contrastata (ASTM C878), pari a circa lo 0,08% nelle 24 ore.
- Per i betoncini, in casi particolari e previo controllo di laboratorio, sarà tollerato un ritiro di 50 micron per metro.
- Per lavori da effettuare in fase di esercizio e/o in presenza di traffico, è prescritta una prova aggiuntiva con campioni del tipo a cuneo descritti nel seguito, maturati su tavoli che vibrano con gli stessi spettri di frequenza rilevati sulle opere da ripristinare o su tipi ad esse simili. I risultati delle rotture di questi provini, verranno confrontati con quelli ottenuti da provini uguali, preparati con lo stesso materiale, ma maturati in condizioni di riposo. Saranno tollerate riduzioni di resistenza del 20% rispetto ai provini statici.
- Resistenze minime nel rispetto della progettazione esecutiva dello specifico intervento.

Le prove delle malte verranno svolte secondo le norme UNI vigenti e potranno essere eseguite sia su campioni prima della posa in opera che in corso d'opera. In caso di non rispondenza dei materiali, si dovrà provvedere alla revisione delle formulazioni delle miscele e/o dei leganti e si potrà anche richiedere la rimozione dei materiali già posti in opera che non rispondano ai requisiti fissati.

3.5.2 Impermeabilizzazione di strutture

Si descrivono di seguito alcune tipologie di impermeabilizzazione per impalcati o opere d'arte, la cui applicazione potrà eventualmente ed alternativamente essere scelta dal tecnico responsabile della manutenzione, in dipendenza delle particolari condizioni locali e della specifica problematica presente.

3.5.2.1 Mastici di asfalto sintetici (protezione media)

L'impermeabilizzazione delle parti di struttura delle opere d'arte, eventualmente soggette a traffico veicolare, potrà essere realizzata mediante applicazione per colata di cappe di mastice di asfalto sintetico di spessore finito non inferiore a 10 mm, nei casi di opere a ridotta importanza, non soggette al gelo o per motivi di insufficiente disponibilità finanziaria per i lavori di cui si tratta. L'impresa dovrà presentare prima dell'inizio dei lavori, per le necessarie approvazioni, la composizione prevista per il mastice e la curva granulometrica delle sabbie, nonché campioni del prodotto finito e dei materiali componenti compresi quelli di appretto e di ancoraggio ("primer"), in modo che su di essi possano essere effettuate preventivamente le prove previste nelle norme.

Nelle lavorazioni si dovranno riscontrare gli stessi materiali e le stesse composizioni di cui ai campioni di prova, con le sole variazioni prevedibili con l'uso di un adeguato processo di produzione su scala reale.

La miscela posta in opera dovrà essere costituita da uno strato continuo ed uniforme su tutta la superficie, con spessore minimo di 10 mm e max di 14 mm, da verificare mediante prelievo di campioni.

Dovrà avere una resistenza meccanica tale che, se sottoposta ad eventuale transito temporaneo degli automezzi gommati di cantiere, non si verifichino schiacciamenti (a tale scopo, una idonea prescrizione può essere stabilita con riferimento al metodo di prova CNR "determinazione delle deformazione (impronta) di miscele di aggregati lapidei e bitume sotto carico statico"), fessurazioni o abrasioni sul manto.

Modalità di applicazione

Le superfici di calcestruzzo da impermeabilizzare, dovranno essere stagionate e presentarsi sane e asciutte, esenti da oli, grassi e polvere e prive di residui di boiacca (o di malta cementizia); prima dell'applicazione del mastice, si dovrà procedere ad una accurata pulizia mediante spazzolatura e successiva energica soffiatura con aria compressa.

I punti singolari (fessure, spigoli, luoghi dove l'acqua può stagnare, etc.) dovranno essere stuccati e sigillati con idonee malte o stucchi epossidici. Seguirà la stesa di un idoneo primer che potrà essere costituito da emulsione bituminosa al 50-55% o, meglio, da soluzione di bitume modificato, a medio punto di rammollimento, al fine di avere una buona facilità di stesa a caldo del primer stesso ed una sua elevata penetrazione nella soletta.

Sul primer verrà posto in opera, dopo l'evaporazione dell'acqua o del solvente, il mastice di asfalto sintetico, mediante colamento del materiale a temperatura di 200°C (+/-10°C); la sua distribuzione ed il livellamento, saranno eseguiti con frattazzi di legno.

La posa in opera del mastice non dovrà essere effettuata quando le condizioni meteorologiche siano tali da non garantire la perfetta riuscita del lavoro, e comunque quando la temperatura esterna sia inferiore a 8°C.

Il mastice d'asfalto deve essere steso, per quanto possibile, con uno spessore costante, per cui tutte le irregolarità della soletta che si riproducono sulla cappa impermeabilizzante, dovranno essere portate a livello, se di spessore elevato, dopo il completamento dell'impermeabilizzazione; a questo fine si dovrà procedere ad una risagomatura della soletta mediante stesa di un sottile strato di conglomerato bituminoso realizzato con inerti calcarei di granulometria appropriata; dopodiché si procederà con la posa del rivestimento di protezione, costituito da uno strato di malta cementizia di spessore non inferiore a 3 cm.

3.5.2.2 Guaine bituminose armate con non tessuti (Protezione media)

Modalità di messa in opera

Il manto impermeabilizzante potrà essere realizzato con guaine preformate (membrane bitumepolimero termoplastico armate con geotessile non tessuto) di larghezza non inferiore a un metro, (preferibilmente di 2 metri).

Per le modalità di preparazione delle solette, valgono le prescrizioni del precedente paragrafo.

Tali guaine, previa fusione superficiale con fiamma all'intradosso, saranno ancorate al primer steso in precedenza, curando la perfetta adesione in ogni punto e la tenuta dei giunti (sormonti) di costruzione. Il manto impermeabile potrà anche essere realizzato con guaine costruite in opera, dopo la stesa del primer, spruzzando il legante a temperature non inferiori ai 180° o 210°C, secondo la stagione e il tipo di legante, con idonei fusori, prima e dopo la messa in opera del non tessuto; in questo caso le strisce di non tessuto dovranno avere una larghezza non inferiore ai 2 metri per ridurre il numero dei giunti.

Si adotteranno le masse bituminose impermeabilizzanti ed i non tessuti di armature di volta in volta adatti, a seconda delle caratteristiche della struttura e delle condizioni climatiche presenti al momento dell'esecuzione dei lavori.

Nel caso di impiego delle guaine preformate, si potrà porre in opera la guaina direttamente sul primer (solette lisce regolari, ben asciutte e stagionate, con temperature medie diurne dell'aria non minori di 10°C) oppure previa spalmatura a caldo della stessa massa bituminosa che la costituisce (soletta con superfici scabre o irregolari e/o umide o ancora non perfettamente stagionate, con temperatura diurna dell'aria minore di 10°C)

La stesa potrà essere effettuata a mano o, preferibilmente, con apposita attrezzatura che porti un rotolo di almeno due metri di larghezza, con batterie di almeno 3 bruciatori poste a 20 cm dall'intradosso della guaina; a ciò si deve aggiungere un rullo gommato che comprime la guaina sulla soletta (carico non inferiore a 1 kg/cm²).

In ambedue i casi, lo spessore del manto finito sarà dell'ordine dei 4-5 mm e la sua adesione al primer non dovrà essere inferiore a quella di quest'ultimo alla soletta.

Il manto dovrà essere transitabile, senza distacchi e perforazioni, dal normale traffico di cantiere (escluso quello cingolato) e dovrà risultare impermeabile, dopo la posa del rivestimento protettivo costituito da uno strato di malta cementizia con spessore > 3 cm.

3.5.2.3 Membrane elastiche continue in materiale sintetico spruzzate in opera (alta protezione)

Tale impermeabilizzazione, adatta in zone ove si manifestano azioni fortemente aggressive, deve essere realizzata con membrana continua ed omogenea su tutta la superficie superiore della soletta, con piccolo risvolto (3-5 cm) su eventuali paramenti verticali esterni.

Anche eventuali canalette per cavi, devono essere integralmente rivestite così da garantire una perfetta adesione al supporto in calcestruzzo esistente. Il ciclo di impermeabilizzazione dovrà sempre essere preceduto da un primer bicomponente senza solvente, di natura epossidica, reagente in presenza di umidità, al fine di garantire una perfetta compatibilità ed adesione al supporto.

La superficie in calcestruzzo da trattare, dovrà risultare priva di prodotti disarmanti, materiali incoerenti (residui di boiaccia), ferri di armatura emergenti e qualsiasi altro residuo di impermeabilizzazione preesistente; a questo fine la superficie dovrà, in funzione dello stato del supporto e del microclima interessante la struttura, essere trattata con interventi preparatori, per l'eliminazione di tutte le parti aventi una scarsa coesione ed aderenza in presenza di calcestruzzi stagionati e per l'apertura dei pori superficiali ed eliminazione dei disarmanti, sui calcestruzzi di nuova posa in opera.

A questi interventi preparatori, dovrà seguire un'accurata pulizia delle superfici interessate anche mediante idrolavaggio (preferibilmente in periodi caldi e o asciutti). Potranno essere richiesti trattamenti di preparazione di:

- bocciardatura;
- sabbiatura e/o idrosabbiatura;
- idroscarifica con acqua in pressione.

Nel caso risultassero presenti sulla superficie del supporto preparato, con le tecniche sovraesposte, delle degradazioni localizzate (vespai, lesioni, etc.) o ferri di armatura scoperti o terminali di cavi di precompressione, nonché riprese di getto, discontinuità e fessure, si dovrà provvedere al risanamento o alla protezione di tali punti singolari, mediante stuccatura con adeguate paste epossidiche bicomponenti senza solvente.

Nel caso risultassero presenti dopo la fase di pulitura zone degradate per spessori

superiori ai 3 cm di profondità, potrà essere necessario un ripristino con malte a ritiro compensato sintetiche o cementizie.

La stesa del ciclo protettivo impermeabile dello spessore di 3 mm, verrà effettuata con idonee attrezzature con caratteristiche “airless” o pompa volumetrica, purché permettano lo spruzzo del materiale partendo da componenti separati e miscelati in modo automatico. Dovrà essere possibile il trattamento continuo di superfici verticali ed angoli.

Le riprese di lavoro dovranno essere ridotte al minimo, salvo le esigenze particolari (lavoro a campioni, zona di attacco tra prodotti diversi, cordolo e soletta); in ogni caso dovrà essere assicurata una perfetta adesione tra vecchia e nuova membrana con pulizia, uso di primer e quant'altro occorra per dare perfetta continuità impermeabile ed aderente alla zona di ripresa.

Le resistenze a 8 ore dalla stesa della membrana finita dovranno essere tali da permettere l'eventuale transito dei mezzi di cantiere sulla sola impermeabilizzazione.

3.6 SCELTA DI INTERVENTI ALTERNATIVI - ANALISI COSTI-BENEFICI

All'atto pratico, per alcune patologie, potrebbero essere ipotizzate più alternative d'intervento, comunque valide dal punto di vista tecnico.

Poiché tali alternative si differenzieranno tra loro per il costo, la durata e l'efficacia, potrà essere necessario un confronto economico che si effettua mediante un'analisi dei costi unitari e una definizione quantitativa del lavoro relativo a ciascuna soluzione, al fine di ottenere un elemento utile alla scelta definitiva.

Questo modo di operare, tra l'altro, mette in luce due aspetti essenziali: si evidenziano sia le attività che incidono maggiormente sui costi, sia il legame tra qualità e costi, rappresentato dalla variazione dei costi in funzione delle alternative d'intervento.

Il criterio di valutazione esposto, può eventualmente essere implementato tenendo conto dei benefici e dei costi sociali connessi alle operazioni di manutenzione (analisi benefici-costi); le implicazioni sulla collettività dovute alle attività di manutenzione, consistono nel calcolare i benefici ed i costi attualizzati connessi a ciascuna alternativa progettuale, con riferimento al periodo di tempo cui è riferita la programmazione; in tal modo è possibile valutare con maggior completezza la convenienza economica di un investimento e confrontare tra loro più alternative.

3.7 CONTROLLO DEGLI INTERVENTI DI MANUTENZIONE

I risultati degli interventi di manutenzione, devono essere controllati verificando che siano conformi con gli obiettivi prestazionali prestabiliti; in caso di difformità, è opportuno prevedere la pianificazione ed esecuzione di azioni correttive.

Occorre segnalare che tutti i dati relativi all'esecuzione delle operazioni di manutenzione eseguite (dai risultati delle analisi, ai risultati dei controlli), costituiscono il feedback necessario per la programmazione dei futuri interventi.

Si innesca, con ciò, un processo interattivo che porta ad un'azione sempre più completa ed efficace.

4 PROGRAMMA DI MANUTENZIONE

4.1 OBIETTIVI DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE

La caratteristica essenziale della programmazione manutentiva consiste nella sua capacità di prevedere le avarie e di predisporre un insieme di procedure per la prevenzione dei guasti e l'eventuale rettifica degli stessi.

Il programma di manutenzione dovrebbe inoltre prevedere la possibile eventualità di eventi accidentali e stabilire le modalità con cui far fronte a situazioni eccezionali.

L'obiettivo fondamentale di un programma di manutenzione, pertanto, è di realizzare un equilibrio economico e tecnico tra due sistemi complementari e interconnessi:

- 1) il sistema di manutenzione preventiva;
- 2) il sistema di manutenzione a guasto.

In particolare, gli obiettivi da perseguire con la stesura dei programmi di ispezione e manutenzione, si possono sintetizzare come di seguito indicato:

- prolungare il ciclo di vita utile del bene immobile;
- costruire un sistema di raccolta delle informazioni di base e di aggiornamento, con le informazioni di ritorno dagli interventi eseguiti, che consenta l'implementazione e il costante aggiornamento della banca dati, al fine di conoscere e mantenere correttamente la struttura;
- individuare le strategie di manutenzione più adeguate, in relazione alle caratteristiche del bene ed alla più generale politica di gestione;
- individuare la migliore sequenza temporale di esecuzione degli interventi, soprattutto per quelli interdipendenti che comportano specializzazioni professionali diverse;
- ridurre i costi improduttivi dovuti alla dispersione territoriale, raggruppando l'esecuzione degli interventi in base all'ubicazione degli stessi;
- ridurre le cause di interruzione del normale svolgimento degli interventi manutentori, attraverso una programmazione attenta a specializzazioni e manodopera disponibile, e alla preventiva verifica di disponibilità in magazzino di materiali e attrezzature;
- individuare le competenze per l'espletamento delle singole operazioni manutentorie, (anche in relazione alle responsabilità civili e penali), con la definizione dei rapporti tra i vari operatori che intervengono nel processo.

4.2 STRUTTURA DEI PROGRAMMI

I programmi dovranno contenere le informazioni necessarie per l'esecuzione nel tempo dei controlli periodici e degli interventi di manutenzione preventiva.

Dall'esame degli elaborati progettuali, è stata definita la lista delle opere da inserire nel programma manutenzione. Tale operazione, è proseguita con l'individuazione delle singole parti strutturali e poi dei relativi elementi, per i quali è possibile prevedere la tipologia, le frequenze e le modalità di esecuzione di:

- operazioni di controllo e ispezione, finalizzate all'individuazione dei degradi;
- operazioni di manutenzione programmata, da eseguirsi a intervalli predeterminati, finalizzati a prevenire e ridurre le probabilità di degrado o a riportare ai livelli qualitativi prescritti il funzionamento di elementi caratterizzati da un progressivo prevedibile degrado;
- operazioni di manutenzione a rottura, che consistono in interventi non programmabili da effettuarsi in presenza di un guasto rilevato durante il controllo e che quindi vanno definiti sulla base del tipo di avaria riscontrata.

4.3 FASI DI STESURA

Come accennato, la redazione operativa del programma di manutenzione è stata messa a punto in quattro fasi principali, di seguito illustrate.

Fase 1 – Individuazione degli elementi da sottoporre a manutenzione

In questa fase si è proceduto alla scomposizione dell'opera in sottosistemi, tenendo conto delle omogeneità per ciò riguarda gli interventi di manutenzione programmata, identificando componenti oggetto di manutenzione e controlli.

Fase 2 – Individuazione dei difetti e degli interventi programmabili

Nella seconda fase, per ogni elemento strutturale, sono stati esaminati i possibili difetti o le patologie più frequenti, le procedure di ispezione per rilevare tempestivamente il manifestarsi di un difetto, la frequenza delle ispezioni, le procedure da attivare (intervento manutentivo o, nei casi più complessi, analisi diagnostica del difetto) quando la gravità o l'estensione del rilevato ha superato una determinata soglia di accettabilità.

Fase 3 -Stesura della struttura complessiva del Programma di Manutenzione

L'acquisizione di tutti i dati relativi alle caratteristiche degli elementi, ha consentito di completare i quadri degli interventi programmabili, di elaborare la struttura complessiva del programma, di calibrare le scadenze relative agli interventi manutentori e ai controlli.

Nella fase di completamento del Programma di Manutenzione, si dovrà procedere a valutare i costi di manutenzione, suddivisi nelle seguenti voci di costo:

- costi annuali relativi al Programma delle Ispezioni;
- costi annuali di Manutenzione Programmata;
- costi annuali di Manutenzione Straordinaria e relativi agli interventi d'urgenza da attivare nel caso di guasti accidentali.

Fase 4 -Strumenti di gestione operativa dei programmi di manutenzione

L'acquisizione dei dati relativi al comportamento in esercizio dei componenti registrati nei primi anni di gestione, dovrà consentire una costante verifica e un definitivo affinamento delle frequenze, della tipologia e delle modalità di esecuzione degli interventi manutentivi. Questa operazione è molto importante, perché già da un medio termine consentirà una più precisa valutazione dei costi effettivi.

4.4 TIPOLOGIA DEI PROGRAMMI

4.4.1 *Sottoprogramma dei controlli: Programma delle Ispezioni*

La complessità delle strutture, la necessità di tenere sotto costante controllo ogni elemento e di individuare con immediatezza eventuali degradi o difetti che si possono manifestare in momenti diversi, la necessità di tenere in efficienza alcune parti soggette a deterioramento, ostruzione, ecc., rendono indispensabile, oltre alla programmazione degli interventi manutentivi, la pianificazione preventiva di un insieme di ispezioni periodiche.

I componenti della struttura oggetto dell'ispezione, dovranno essere raggruppati in base a criteri del tipo:

- 1) ubicazione, per ottimizzare gli itinerari delle ispezioni in modo da minimizzare i tempi di spostamento e i relativi costi del personale ispettivo;
- 2) periodicità delle ispezioni: mentre considerando il ritmo di usura degli elementi e dei materiali, potrebbe essere sufficiente effettuare un sopralluogo a cadenza annuale, più frequenti devono essere i sopralluoghi per la verifica d'efficienza di elementi soggetti ad usura o costruzione;
- 3) requisiti professionali degli incaricati alle ispezioni, ovvero:
 - ✓ per gli operai, nel caso in cui la verifica e la riparazione sono operazioni previste all'interno della stessa mansione; si procederà tramite un'ispezione diretta che rientra nelle competenze dell'operaio, che prevede l'esecuzione immediata dell'intervento correttivo senza bisogno di alcuna istruzione particolare; successivamente dovranno essere effettuate altre ispezioni di controllo per accertare che il lavoro sia stato eseguito correttamente;
 - ✓ per i tecnici, in possesso di appropriate conoscenze e di un'ampia esperienza pratica a cui è affidata la responsabilità della gestione complessiva delle ispezioni; si richiede normalmente un corso particolare di addestramento sull'individuazione di guasti e/o difetti, sulla diagnostica e sulla capacità di indicare gli interventi correttivi necessari;
 - ✓ per gli specialisti, per quanto concerne le ispezioni che comportano l'impiego di particolari strumenti o l'interpretazione di normative e aspetti assicurativi; occorrerà individuare le responsabilità nella definizione dei cicli di ispezione, nell'esecuzione dei controlli e nell'esame diretto dei difetti più gravi.

Le ispezioni vengono effettuate per diversi scopi o finalità quali:

- 1) *la conoscenza delle condizioni d'uso* e conservazione delle varie parti da sottoporre a manutenzione periodica;
- 2) *la determinazione degli eventuali scostamenti dagli standard prestabiliti* e dei guasti incipienti che possono provocare ulteriori scostamenti prima dell'ispezione successiva;
- 3) *l'accertamento delle cause di tali scostamenti* e l'entità dell'intervento manutentivo occorrente, per ristabilire gli standard qualitativi richiesti e per evitare che l'inconveniente si riproduca, nonché la relativa urgenza del lavoro;
- 4) *la possibilità di controllare che il lavoro precedente sia stato eseguito in conformità* alle istruzioni e, di verificare l'adeguatezza dell'intervento al difetto riscontrato.

I principali vantaggi che derivano dalle ispezioni programmate si possono così sintetizzare:

- 1) valutazione aggiornata delle condizioni complessive della struttura con un corrispondente miglioramento dei profili di manutenzione;
- 2) previsione più esatta degli interventi manutentori occorrenti e, di conseguenza, un miglior controllo sul bilancio preventivo;
- 3) possibilità di programmare una maggiore quantità d'interventi omogenei;
- 4) riduzione del rischio di difetti che potrebbero compromettere l'efficienza della struttura e provocare danni o inconvenienti dal punto di vista economico;
- 5) tempestiva esecuzione degli interventi di manutenzione che consente di prolungare la durata di alcuni elementi e di ridurre il rischio di un danneggiamento degli elementi adiacenti.

Operativamente è stato elaborato il “piano delle ispezioni” nel quale sono riportate tutte le categorie di opere oggetto del piano, le relative parti strutturali interessate da visita di controllo in un determinato periodo e le durate complessive delle ispezioni. In esso si definisce la periodicità dei controlli su ciascun elemento costitutivo delle singole parti strutturali:

LEGENDA	
a	annuale
s	semestrale
t	trimestrale
b	bimestrale
m	mensile

A: OPERE IN C.A.; C.A.P. E ACCIAIO
B: OPERE STRADALI
C: OPERE IDRAULICHE

Il "Piano delle ispezioni" è di seguito riportato.

CAT	PARTE D'OPERA	1° ANNO		2° ANNO		3° ANNO		4° ANNO		5° ANNO	
A	OPERE IN C.A. E ACCIAIO		12 m	6 m	12 m	6 m	12 m	6 m	12 m	6 m	12 m
1	Opere di fondazione (visione dall'esterno)					a					a
2	Strutture portanti in cemento armato e c.a.p.			a				a			a
3	Marciapiedi, cordoli, elementi secondari in c.a.				a				a		a
4	Corrimano e ringhiere in metallo				a				a		

Piano delle ispezioni 1/3

CAT	PARTE D'OPERA	1° ANNO		2° ANNO		3° ANNO		4° ANNO		5° ANNO	
B	OPERE STRADALI	6 m	12 m	6 m	12 m	6 m	12 m	6 m	12 m	6 m	12m
1	Pavimentazioni		a		a		a		a		a
2	Segnaletica orizzontale		a		a		a		a		a
3	Segnaletica verticale		a		a		a		a		a
4	Scarpate	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s
5	Barriere di sicurezza				a				a		
6	Giunti		a		a		a		a		a

Piano di ispezione 2/3

CAT	PARTE D'OPERA	1° ANNO		2° ANNO		3° ANNO		4° ANNO		5° ANNO	
C	OPERE IDRAULICHE	6 m	12 m	6 m	12 m	6 m	12 m	6 m	12 m	6 m	12 m
1	Fossi di guardia, canali e canalette	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s
2	Pozzetti e tubazioni		a		a		a		a		a

Piano di ispezione 3/3

Sulla base delle indicazioni del piano delle ispezioni si può stabilire il percorso ispettivo cioè il percorso che l'ispettore deve compiere per poter visionare gli elementi che devono essere esaminati periodicamente: la sua progettazione consente di ottimizzare tempi e risorse.

Dall'insieme delle attività di ispezione, si trarranno i dati utili alla definizione dello stato d'uso e conservazione delle strutture, formulato sulla base di una diagnosi il più possibile corretta ed esaustiva. La diagnosi dovrà essere fondata sull'interpretazione dei dati, alla luce delle conoscenze tecniche specifiche.

E' fondamentale sottolineare l'importanza della scelta e del coinvolgimento delle squadre di ispezione e manutenzione sin dalla realizzazione delle opere d'arte e della messa in opera degli impianti, in quanto la conoscenza approfondita della tratta oggetto di manutenzione fa sì che i tempi di controllo e di intervento possano poi essere tempestivi e le modalità le più adeguate.

4.4.2 Sottoprogramma degli interventi di manutenzione

Il sottoprogramma degli interventi di manutenzione costituisce il documento fondamentale per la pianificazione degli interventi manutentori attraverso la definizione degli intervalli temporali previsti per le azioni, nel rispetto della strategia adottata.

Il "programma degli interventi", è stato elaborato per ogni opera oggetto del servizio di manutenzione ed è comprensivo di informazioni relative a:

- 1) tempo dell'intervento: è stata individuata la collocazione temporale (a volte anche l'eventuale periodo o stagione dell'anno in cui effettuare gli interventi) e la frequenza dell'intervento (periodicità dell'intervento), nell'ipotesi di un piano quinquennale degli interventi manutentivi. L'individuazione delle periodicità d'intervento è dipesa da vari fattori distinti: in alcuni casi, la frequenza del guasto può essere prevista con una certa precisione; in altri casi, la periodicità degli interventi manutentori può essere stabilita a livello normativo e/o contrattuale; oppure, gli intervalli potrebbero adeguarsi alle circostanze d'uso del bene (stato di usura connesso all'uso), al decadimento naturale delle prestazioni, all'invecchiamento naturale dei materiali, all'insorgere di patologie;
- 2) tipologia dell'intervento: è stato individuato il carattere dell'intervento (sostituzione, pulizia, prova con strumento, ecc.) e la specializzazione professionale occorrente;
- 3) collocazione e dimensione dell'intervento: è stato individuato l'elemento strutturale o l'elemento tecnico interessato dall'intervento di manutenzione.

I suddetti elementi saranno poi essenziali per determinare il costo dell'intervento, comprensivo di materiali, attrezzature e risorse umane.

Allo scopo di ottimizzare i risultati perseguibili, si pone come obiettivo la ricerca di possibili relazioni tra le attività manutentive periodiche e alcuni altri servizi che, pur non avendo un immediato riscontro con le condizioni fisiche dei materiali e degli elementi strutturali, potrebbero costituire un sistema di monitoraggio aggiunto, rendendo immediato l'eventuale intervento di manutenzione su apposite segnalazioni.

Il programma degli interventi, oltre al calendario, definisce gli operatori addetti in considerazione anche della necessità di strumentazioni idonee per il controllo.

Anche in tal caso, si evidenzia la già sottolineata importanza del coinvolgimento delle squadre di manutenzione sin dalla realizzazione delle opere d'arte e dalla messa in opera degli impianti. La conoscenza approfondita della tratta oggetto di manutenzione fa sì che i tempi di intervento siano tempestivi e le modalità le più adeguate.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva del programma degli interventi per la cui interpretazione si fornisce la Legenda:

LEGENDA SQUADRE DI INTERVENTO	
X	Squadra di personale non specializzato
T	Intervento eseguito da tecnici
S	Intervento e/o prove eseguite da personale specializzato con strumentazione
LEGENDA TIPI DI INTERVENTO	
PD	Pulizia e disostruzione (SOLETTE: si intendono le opere di smaltimento)
PS	Pulizia e/o sostituzione
PDS	Pulizia Disostruzione e Sostituzione parti lesionate
RL	Interventi localizzati di ripristino
RD	Ripristino parti degradate

LEGENDA TIPI DI INTERVENTO	
SD	Sostituzione elementi deteriorati
MC	Operazioni previste dai manuali di costruzione
CS	Interventi localizzati di convogliamento Stillicidi
TV	Taglio Vegetazione
PU	Prove e ultrasuoni
P c.a.	Prove di verifica caratteristiche c.a.
PLAeq.	Prove di verifica acustica (Controllo del Livello continuo equivalente ponderato)

Programma Manutenzione 1/3

CAT.	PARTI D'OPERA	1° ANNO			2° ANNO			3° ANNO			4° ANNO			5° ANNO		
		FREQ.	TIPO	SQ.	FREQ.	TIPO	SQ.	FREQ.	TIPO	SQ.	FRE.	TIPO	SQ.	FREQ.	TIPO	SQ.
A	OPERE C.A. e C.A.P.															
1	Opere di fondazione													2	PU	
2	Strutture portanti in c.a. e c.a.p.				1	RL	T				1	RL	T			
3	Marciaiedi, cordoli, elementi secondari in c.a.				1	RL	T				1	RL	T			
4	Corrimano e ringhiere di metallo				1	RL	T				1	RL	T			

Programma Manutenzione 2/3

CAT.	PARTI D'OPERA	1° ANNO			2° ANNO			3° ANNO			4° ANNO			5° ANNO		
		FREQ.	TIPO	SQ.	FREQ.	TIPO	SQ.	FREQ.	TIPO	SQ.	FRE.	TIPO	SQ.	FREQ.	TIPO	SQ.
B	OPERE STRADALI															
1	Pavimentazioni flessibili				1	RL	X				1	RL	X			
2	Segnaletica orizzontale				1	RL	X	1	RL	X	1	RL	X	1	RL	X
3	Segnaletica verticale										1	RL	X			
4	Scarpate				1	RL	X									
5	Barriere di sicurezza										1	RL	X			
6	Giunti										1	PDS	S			

Programma Manutenzione 3/3

CAT.	PARTI D'OPERA	1° ANNO			2° ANNO			3° ANNO			4° ANNO			5° ANNO		
C	OPERE IDRAULICHE															
1	Fossi di guardia, canali e canalette	1	PD	X	1	PD	X	1	PDS	X	1	PD	X	1	PD	X
2	Pozzetti e tubazioni	1	PD	X	1	PD	X	1	PDS	X	1	PD	X	1	PD	X

4.4.3 Sottoprogramma delle prestazioni o di conduzione

Costituisce un documento fondamentale per la programmazione delle azioni di conduzione, nel caso in cui vi siano sistemi impiantistici complessi.

Si riportano di seguito, per ciascuna tipologia d'impianto tecnologico a servizio della struttura stradale, una tabella indicativa nella quale si evidenziano per tipo di impianto o suo significativo componente la "Vita attesa" per le specifiche prestazioni tecnico-funzionali che ne identificano l'affidabilità e l'efficienza.

Oggetto	Prestazioni	Vita utile
Apparecchiature di media tensione (interruttori SF6, trasformatori, ecc.)	Devono corrispondere in modo continuativo ai dati progettuali e costruttivi	30 anni
Gruppi elettrogeni	Devono corrispondere in modo continuativo ai dati progettuali e costruttivi	20 anni
Gruppi di continuità assoluta, regolatori di tensione, sistemi di Rifasamento automatico	Devono corrispondere in modo continuativo ai dati progettuali e costruttivi	20 anni
Lampade, accessori elettrici corpi illuminanti	Salvo danneggiamenti meccanici devono restare efficienti per la vita attesa	10000-12000 ore
Apparecchiature elettriche ed elettromeccaniche in generale	Affidabilità e precisione di funzionamento	15-20 anni
Impianti di terra	Devono collegare a terra le masse estranee	30 anni
Prese	Ogni punto di corrente, servito da prese, deve essere idoneo al servizio per il quale è stato destinato	20 anni
Interruttori, teleruttori	Aperture e chiusure affidabili	20 anni
Passerelle, cavidotti	Stabilità e sfilabilità delle condutture	30 anni
Quadri elettrici	Debbono contenere tutte le apparecchiature di controllo e di comando dell'impianto elettrico.	30 anni
Oggetto	Prestazioni	Vita utile
Strumenti indicatori	Devono garantire la corretta indicazione dei parametri controllati (temperatura, pressione, umidità, livelli, etc.)	10-15 anni
Impianto di supervisione	Devono corrispondere in modo continuativo ai dati progettuali e costruttivi ed essere adattabili alle eventuali nuove esigenze di gestione	10 anni
Organi di taratura e regolazione	Devono garantire il rispetto delle caratteristiche stabilite (portata di carico temperatura, umidità) con la precisione richiesta	15-20 anni
Apparecchi di misura e di controllo	Devono garantire la correttezza delle misure e dei controlli richiesti nel campo delle tolleranze stabilite	15-25 anni
Organi antivibranti	Devono garantire che le vibrazioni trasmesse dalle apparecchiature alle reti, strutture, etc. non superino i limiti imposti	15-30 anni

4.5 ORGANIZZAZIONE E RESPONSABILITÀ DEL PERSONALE

Nell'individuazione delle visite ispettive e degli interventi da pianificare, occorre porre particolare attenzione ai soggetti responsabili dell'esecuzione e alle relative responsabilità.

In linea generale, si può pensare all'adozione di due unità operative, una per l'attività di controllo, una per la manutenzione, le quali possono operare in coordinamento tra loro e con eventuali organismi esterni di tipo specializzato.

E' evidente la necessità di una chiara e precisa definizione delle procedure di routine per entrambe le unità operative ipotizzate e, particolare ancora più importante, delle responsabilità dei singoli addetti; riguardo alle responsabilità ed alle competenze dei singoli, è molto importante chiarirne i termini, soprattutto per tutti quei casi che comportano interventi congiunti delle due unità: infatti, vanno assolutamente evitate confusioni di ruolo, che potrebbero comportare disfunzioni e ritardi nelle operazioni.

L'unità ispettiva potrà avere prevalentemente le seguenti responsabilità:

- assicurarsi delle condizioni e dello stato di ogni elemento strutturale e intervenire per piccole e brevi riparazioni;
- verificare il mantenimento delle condizioni di sicurezza;

L'unità manutenzione, invece, potrà avere prevalentemente la responsabilità di attuare tutte le procedure di intervento di routine che costituiscono la condizione indispensabile per la garanzia di un livello di servizio adeguato agli standard definiti nel presente Piano; poiché tale attività potrà essere condotta parzialmente o integralmente con appalti a imprese esterne, tale unità avrà anche compiti amministrativi e di controllo tecnico nei confronti delle stesse (Direzione lavori, preparazione degli ordinativi di lavoro, ecc.).