

POLITECNICO DI TORINO

**Corso di Laurea Magistrale
in
ARCHITETTURA**

Tesi di Laurea Magistrale

**L'approdo alla manutenzione
stradale attraverso l'analisi
delle manutenzioni civili**



Relatore

Prof. Rossella Maspoli
firma del relatore

.....

Candidato

Domenico Brunetti
firma del candidato

.....

A.A. 2019/2020

INDICE

| | |
|--|-----------|
| INTRODUZIONE | 4 |
| 1. LA MANUTENZIONE..... | 5 |
| 1.1 LA MANUTENZIONE INDUSTRIALE | 5 |
| 1.2 L'ORGANIZZAZIONE AZIENDALE | 6 |
| 1.3 EVOLUZIONE DELLE STRATEGIE DELLE POLITICHE E DEI MODELLI DI MANUTENZIONE..... | 8 |
| 1.3.1 La manutenzione correttiva..... | 10 |
| 1.3.2 La manutenzione migliorativa..... | 10 |
| 1.3.3 La manutenzione preventiva | 11 |
| 1.4 LA PIANIFICAZIONE: PROGETTO ED ESECUZIONE DELLA MANUTENZIONE..... | 12 |
| 1.4.1 Fasi del Master Plan | 13 |
| 1.4.2 La standardizzazione in manutenzione | 15 |
| 1.5 L'INGEGNERIA DELLA MANUTENZIONE..... | 18 |
| 1.6 DALLA MANUTENZIONE AL FACILITY MANAGEMENT | 20 |
| 1.6.1 Il Contratto di Facility Management delle risorse immobiliari | 22 |
| 2. LA MANUTENZIONE NEL SETTORE EDILE..... | 25 |
| 2.1 GLI ASPETTI NORMATIVI | 25 |
| 2.1.1 Lavori di Manutenzione Ordinaria..... | 26 |
| 2.1.2 Lavori di Manutenzione Straordinaria | 27 |
| 2.1.3 Lavori di Ristrutturazione edilizia..... | 28 |
| 2.1.4 Restauro e risanamento conservativo | 28 |
| 2.2 STORIA DELLA MANUTENZIONE EDILE..... | 30 |
| 2.1.5 L'evoluzione della costruzione edilizia..... | 30 |
| 2.1.6 L'evoluzione della manutenzione edile..... | 31 |
| 2.3 IL CONTRATTO DI MANUTENZIONE NELLE COSTRUZIONI | 34 |
| 2.3.1 Criteri per la valutazione dell'esternalizzazione della manutenzione | 41 |
| 2.3.2 La contrattualizzazione negli appalti pubblici | 43 |
| 2.3.3 Documenti relativi alla contrattualizzazione | 45 |
| 2.4 I SISTEMI INFORMATIVI NELLA MANUTENZIONE DELLE COSTRUZIONI..... | 46 |
| 2.4.1 L'organizzazione delle informazioni nella gestione del processo edilizio | 46 |
| 2.4.2 Le Problematiche dei sistemi informativi..... | 49 |
| 2.5 I SISTEMI DI DIAGNOSI | 50 |
| 2.5.1 Le ispezioni | 51 |
| 3 IL PIANO DELLA MANUTENZIONE..... | 53 |
| 3.1 IL PROCESSO EDILIZIO ED I LIVELLI DI PROGETTAZIONE | 53 |
| 3.1.1 Progetto di fattibilità tecnica ed economica | 54 |
| 3.1.2 Progetto definitivo..... | 55 |
| 3.1.3 Progetto esecutivo..... | 55 |
| 3.2 IL PIANO DI MANUTENZIONE | 55 |
| 3.2.2 Classificazione del sistema tecnologico..... | 57 |
| 3.2.2 I contenuti del Piano di Manutenzione | 58 |
| 3.2.3 Manuale d'uso..... | 58 |
| 3.2.4 Manuale di manutenzione..... | 58 |
| 3.2.5 Programma di manutenzione | 59 |
| 4 LA MANUTENZIONE NEL SETTORE STRADALE..... | 60 |
| 4.1 LEGAME TRA LA PROGETTAZIONE E LA MANUTENZIONE STRADALE | 60 |
| 4.2.1 I fattori di dimensionamento della sovrastruttura | 64 |
| 4.2.2 Tipologie di sovrastrutture..... | 68 |
| 4.3 FASI DELLA MANUTENZIONE STRADALE | 71 |
| 4.3.2 Obiettivi..... | 72 |
| 4.3.3 Fasi del processo di manutenzione..... | 72 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 4.3.4 | <i>Sistemi di gestione della manutenzione</i> | 73 |
| 4.3.5 | <i>Il Piano di Manutenzione nelle opere stradali</i> | 77 |
| 4.4 | MANUTENZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI STRADALI..... | 84 |
| 4.4.2 | <i>Tecniche di intervento manutentivo</i> | 88 |
| 5 | LA GESTIONE DELLA MANUTENZIONE IN ANAS | 91 |
| 5.1 | APPROCCIO ALL'ANALISI DEI MODELLI..... | 93 |
| 5.2 | LE ISPEZIONI | 93 |
| 5.2.1 | <i>Valutazione dello stato di conservazione e delle priorità d'intervento</i> | 96 |
| 5.2.2 | <i>Valutazione dello stato di conservazione attuale</i> | 98 |
| 5.2.3 | <i>Valutazione dello stato di degrado futuro</i> | 99 |
| 5.2.4 | <i>Valutazione della priorità d'azione</i> | 102 |
| | CONCLUSIONI | 106 |
| | PROPOSTE MIGLIORATIVE | 109 |
| | RIFLESSIONI | 115 |
| | BIBLIOGRAFIA | 116 |
| | SITOGRAFIA | 117 |

INTRODUZIONE

La conservazione, è un istinto intrinseco dell'uomo. Sin dai tempi preistorici infatti, l'essere umano ha sentito l'esigenza di spendere le proprie energie per la conservazione della specie. Secondo la teoria del filosofo Nietzsche, ogni comportamento umano è dettato dall'istinto di sopravvivenza personale e di conservazione della propria specie, arrivando, a tale scopo, finanche ad incorrere in azioni a danno di altri esseri viventi o umani.

“Indipendentemente dallo sguardo buono o cattivo che posso rivolgere sugli uomini, li trovo sempre, tutti e ognuno in particolare, impegnati in un compito: «Fare quel che giova alla conservazione della specie umana». La costante tensione verso la propria sopravvivenza è il fenomeno più elementare che contraddistingue l'esistenza degli esseri animati.”¹

La psicologia ha spesso esplorato il tema della necessità umana di raccogliere oggetti come specchio del bisogno di ordinare il mondo in categorie, e di tenerli con sé come dimostrazione di possesso poiché gli oggetti possono garantire la continuità del proprio sé lungo la vita, poiché gli oggetti ne diventano testimoni, memoria della persona stessa. Ma la materia non è eterna, perciò si è sviluppato l'istinto di curarla per preservarne la conservazione. Questo concetto, ha assunto un'accezione da macroscopica a microscopica a seconda dell'ambito cui ci si è riferiti. Dagli oggetti di uso comune più semplici a quelli più complessi, ai manufatti, alle opere intese come risultato di un processo di lavorazione, la manutenzione è diventata materia sempre più strutturata. Lo scopo della manutenzione, dalla mera conservazione per affezione, si è tramutato in desiderio di efficienza attraverso un controllo capillare dello “stato di salute” dell'oggetto. Mentre nell'ambito degli oggetti di natura storico-artistica-culturale, ha assunto l'accezione di recupero e risanamento dell'opera e di vero e proprio restauro.

Nel ramo ingegneristico e architettonico, i sistemi complessi cui facciamo riferimento e dei quali verrà trattata la manutenzione, sono sotto tutti quegli elementi strutturali, che riguardano le necessità: dell'abitare (gli edifici), della fruizione di servizi (impianti), del trasporto (infrastrutture stradali), poiché già dalla fase progettuale, teniamo conto del cosiddetto “ciclo vita” o “vita nominale”, ossia il periodo entro il quale i materiali di cui il sistema è costituito, garantiscono la funzionalità per cui questi sono stati progettati. Passando in rassegna il modus operandi nell'ambito dell'edilizia, degli impianti/servizi e delle infrastrutture, si effettuerà un focus su queste ultime, particolare interesse dello scrivente poiché ambito della sua attività lavorativa già in essere. Verranno trattati gli aspetti normativi che regolano la manutenzione, definita più propriamente come un processo, di cui il progettista è chiamato a tener conto sin dalla fase progettuale, considerando, pertanto, tutti gli aspetti che concorrono all'inesorabile degrado dell'opera.

In conclusione, alla luce del percorso di analisi storico-tecnologica e settoriale dei capitoli introduttivi, relativo ai processi manutentivi che hanno visto il concetto manutentivo nascere per l'industria e svilupparsi nell'edilizia utilizzando degli strumenti di pianificazione prefigurati nella ricerca e nelle Commissioni UNI, oggi imposti dalla legislazione, è possibile effettuare delle valutazioni sulle criticità dell'attuale sistema della manutenzione stradale e trarre linee guida contenenti delle “best practises” da proporre nel settore affinché le operazioni di monitoraggio e manutenzione stradale possano essere gestite in maniera più snella, ottimizzata e pertanto più efficiente, a favore della qualità della percorrenza.

¹ Nietzsche F., La gaia scienza e idilli di Messina, Adelphi, Milano, 1965 e 1977

1. LA MANUTENZIONE

1.1 La manutenzione industriale

Il concetto moderno di manutenzione si sviluppa a partire dagli anni '40 e concerne, in generale, la tecnologia della conservazione delle risorse o *terotecnologia*.

Nel 1963 l'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico (OCSE) introduce il concetto tecnico-organizzativo di Manutenzione come:

“Funzione aziendale alla quale sono demandati il controllo costante degli impianti e l'insieme dei lavori di riparazione e revisione necessari ad assicurare il funzionamento regolare e il buono stato di conservazione degli impianti produttivi, dei servizi e delle attrezzature di stabilimento”.

In Italia, bisognerà attendere il 1991 quando con la Norma UNI 9910 il concetto viene ampliato facendo riferimento a tutto l'insieme di azioni tecniche ed amministrative necessarie per garantire che una certa *entità* potesse mantenere o essere riportata a svolgere le funzioni per le quali è nata.

Si percepisce l'ampliamento e non la modifica del concetto di manutenzione, poiché la definizione riferisce l'azione manutentiva non più circoscritta alle sole apparecchiature tecniche, ma ad un insieme non limitato di “entità”. Con questa accezione si fa riferimento a beni materiali e immateriali dai quali è possibile attendersi una certa funzione misurabile, ciò apre l'applicazione della cultura manutentiva anche a settori come l'edilizia e le opere civili in generale, al territorio, ma anche alle aziende di servizi che hanno competenze specifiche. Gli obiettivi, i comportamenti ed i contenuti della manutenzione risultano chiaramente più complessi e gli orizzonti decisamente più ampi. In questo processo evolutivo, la manutenzione assume, da una semplice azione correttiva, un'azione previsionale comunque volta al miglioramento prestazionale dei sistemi produttivi, rendendo perciò necessario un cambiamento delle sue forme organizzative e delle modalità operative. La spinta a questo cambiamento risiede nella riorganizzazione delle strategie e delle politiche operative delle aziende industriali dovuta alla messa in discussione della *one best way* che l'impresa fordista aveva dettato.

Il nuovo modello è orientato ai processi e non alle strutture organizzative, alla *ownership*: ossia alla responsabilità affidata a chi di questi processi è parte attiva. L'operatore stesso viene incaricato della manutenzione, pulizia, piccole riparazioni, regolazioni e ispezioni visive. Con questa logica, non si ricerca più una ragione globale dell'efficienza o dell'inefficienza dell'azienda, ma si assume un approccio detto Manutenzione Produttiva Totale (*Total Productive Maintenance TPM*).² Tale metodologia manutentiva, nata e sviluppata in Giappone e diffusa in Europa deriva dai concetti di “Just in time”, “qualità totale” e “fabbrica snella”, ponendo la qualità e la manutenzione quale focus d'azione. Trasferendo ai conduttori sulla linea produttiva alcune attività manutentive, si ottiene un maggior coinvolgimento nonché un gruppo di personale polifunzionale.

Con il diffondersi del modello di produzione a flusso teso e la conseguente propedeuticità delle fasi produttive, uno stop produttivo in una fase, avrebbe creato un blocco produttivo di tutto il sistema, provocando delle ingenti perdite economiche. In questo scenario, la Manutenzione

² Furlanetto L., Manuale di manutenzione degli impianti industriali e servizi, Franco Angeli, Milano, 1998
pag. 5

diventa fondamentale per garantire la massima affidabilità ed efficienza di funzionamento agli impianti, riducendo i tempi di interruzione produttiva, nonché determinando un margine di potenziale incremento della produttività, quale riserva per eventuali necessità di ampliamento del piano produttivo.

Oggi, la disciplina manutentiva, finalizzata alla lotta allo spreco e all'uso razionale delle risorse, concorre al raggiungimento degli obiettivi aziendali insieme a: l'ingegneria dei processi, che propone nuove tecnologie per migliorare l'efficienza degli impianti; la tecnologia di produzione, che gestisce la continuità dei flussi del piano di produzione; il controllo di gestione, che studia le azioni migliorative e individua le priorità dell'azione manutentiva. Monitoraggio sistematico, manutenzione preventiva e predittiva, attenzione ai costi di manutenzione, sono gli strumenti integrati per perseguire tali finalità.

1.2 L'organizzazione aziendale

Il fondatore dell'Aiman (Associazione italiana di Manutenzione), l'ing. C.E. Oliva, definisce il buon manutentore come:

“Un appassionato che aspira a raggiungere, sia pure con il conforto delle tecniche più raffinate e moderne, una specie di simbiosi con la macchina, che gli permetta di intuirne il vero stato, la vera possibilità di ulteriore funzionamento senza doverla fermare, la vera causa lontana che ne provochi i disservizi. Prima di un buon operatore, egli deve essere un buon diagnostico”³

Lo scopo della manutenzione è assicurare che gli impianti siano sempre efficienti al minimo costo, considerando il ciclo di vita utile previsto. Le strategie di manutenzione, sono un insieme di attività che riguardano sia l'ambito esecutivo (pulizia e controllo sulle macchine) che quello tecnico (redazione dei piani di manutenzione, delle analisi dei guasti, degli studi sulle possibili migliorie) che quello organizzativo-gestionale (attività di magazzino, di quantificazione e reperimento materiale) che quello consultivo (addestramento e formazione degli operatori con i produttori delle macchine). Tali strategie sono tutt'altro che univoche e fortemente legate ai contesti territoriali e culturali. La gestione di un magazzino, per esempio, dipende strettamente dalla possibilità e velocità di reperire le materie prime di lavorazione in loco. In altre parole, l'efficienza di un qualsiasi settore dipende dalla sua buona organizzazione.

Nelle aziende, esistono sia problemi umani che tecnici, ciò vuol dire che è necessario sia stabilire le tecniche di lavorazione, la tipologia delle macchine da lavoro, ma è altrettanto necessario stabilire i ruoli dei dipendenti (intesi sia come grado gerarchico che come mansioni). Tutto ciò è organizzazione aziendale. La sociologia ci insegna che in qualunque comunità è necessaria un'organizzazione, ossia un reticolo di relazioni sociali che collega un sistema di ruoli e gradi. Pur non esistendo una struttura organizzativa “ideale”, tuttavia ogni azienda adotta la forma organizzativa confacente alle sue necessità. L'organizzazione è un insieme di sforzi coordinati, esercitati al momento opportuno e nel giusto coordinamento tra loro al fine di ottenere la massima produttività. La sua efficienza dipende dall'equilibrio di quattro fattori:

- Avere un obiettivo comune;
- Avere un insieme di risorse costituite da uomini e mezzi;
- Avere un coordinamento degli sforzi;

³ Furlanetto L., Manuale di manutenzione degli impianti industriali e servizi, Franco Angeli, Milano, 1998
pag. 6

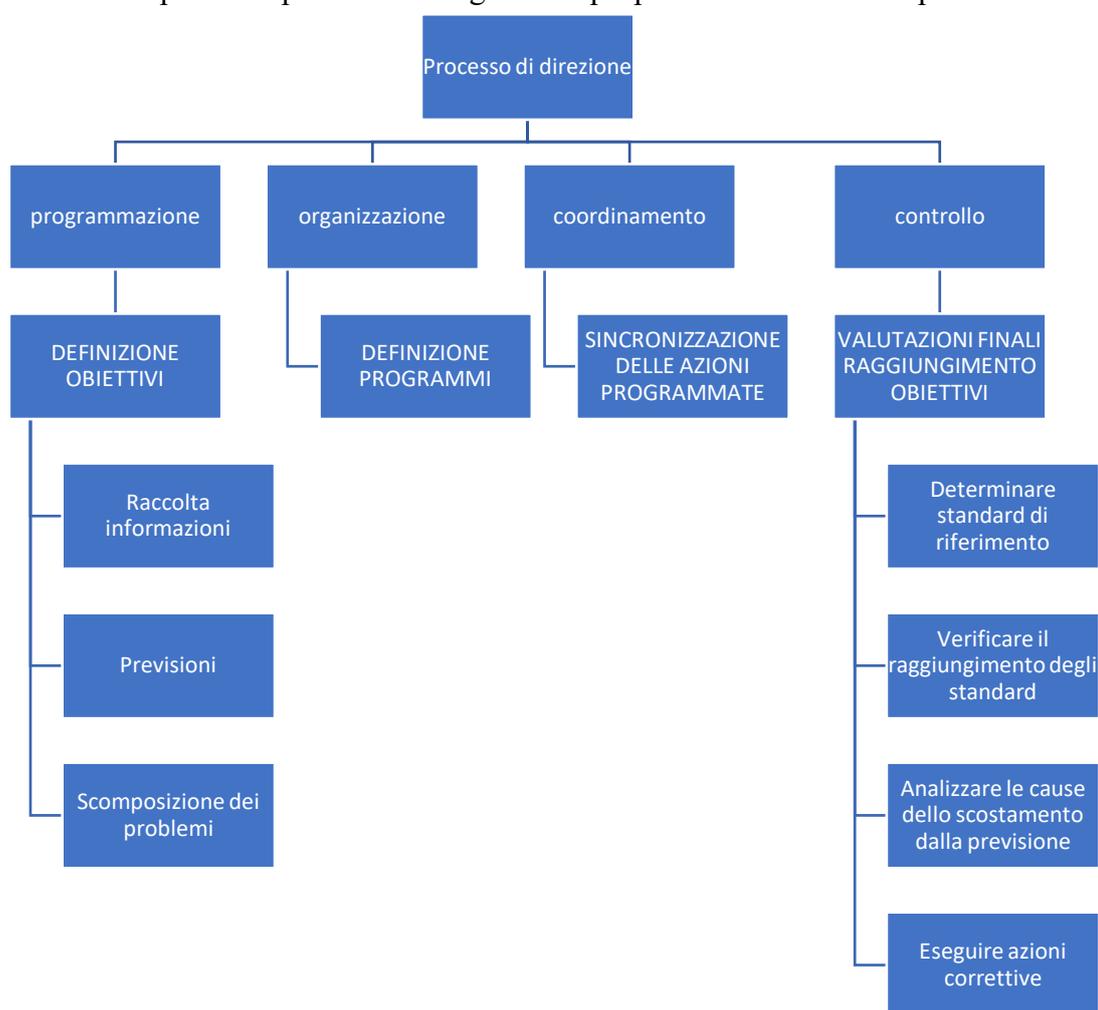
- Avere un sistema di rapporti e relazioni.

Si deve tendere a questi fattori nonostante il sistema organizzativo oggi sia più decentrato, ossia le attività siano sempre più specializzate ed eseguite da gruppi con autonomia operativa basata sui risultati, quasi sconnessi tra loro o si abbiano intere filiere completamente automatizzate, per cui hanno ruolo applicativi e soluzioni basate sul web. Ciò sta rendendo sempre più complessa l'organizzazione delle attività piuttosto che l'esercizio delle attività stesse.

Nella prassi delle vecchie imprese, la figura apicale a capo di tutta la struttura organizzativa era il proprietario. La sempre crescente specializzazione detta in precedenza, ha dato maggiore spazio a figure tecniche con ruolo direzionale, in primo luogo il Direttore (Tecnico). La direzione può essere intesa sia come organo aziendale ma altresì come processo che comprende le seguenti fasi:

Schema elaborato da G. Ferrari, 2007⁴

In questo modo il processo può essere adeguato e riproposto indistintamente per ciascun livello.



Il segreto del successo di un'azienda, pertanto dipenderà dal funzionamento delle sue diverse strutture, ognuna organizzata e diretta secondo le fasi pianificate. Per struttura s'intende l'area operativa responsabile di raggiungere un obiettivo prefissato in base alle sue funzioni. Nella

⁴ Ferrari G., Manutenzione, Franco Angeli, Milano, 2007

struttura possiamo differenziare la linea produttiva, con funzione operativa e lo staff con funzione consultiva, di studio e di verifica.

A partire dagli anni settanta, anche la manutenzione inizia a rappresentare una struttura da organizzare. Il modello più rigoroso è quello giapponese detto TPM (Total Productive Maintenance) che suddivide la manutenzione su tre livelli:

- Manutenzione di primo grado: di competenza degli operatori;
- Manutenzione di secondo grado: di competenza dei reparti di produzione;
- Manutenzione di terzo grado: di competenza di tecnici specializzati, eseguita con macchine e attrezzature di alta precisione.

Le attività base del TPM sono:

- *Miglioramento dell'efficienza delle parti meccaniche migliorandone l'affidabilità;*
- *Introduzione della manutenzione autonoma*
- *Definizione del programma di manutenzione*
- *Progettazione della manutenibilità*⁵.

1.3 Evoluzione delle strategie delle politiche e dei modelli di manutenzione

Nel corso degli anni, l'attività manutentiva è dunque diventata una funzione aziendale e la sua importanza in termini di riduzione dei costi di produzione e aumento della produttività è stata sempre più riconosciuta. Già dal secondo dopoguerra si è assistito allo sviluppo di tecniche di analisi e progettazione della manutenzione e finalmente si inizia a parlare di ciclo vita e di affidabilità, concetti che hanno condotto oggi alla raccolta dei dati sulle macchine, all'estrapolazione di dato e, da questi, alle funzioni di controllo e di previsione, disciplinate dall'ingegneria della manutenzione.

Nel 1991 L'UNI riconosce la necessità di normare, standardizzare e rendere univoca la definizione di manutenzione. Con la norma UNI 9910:1991, *Terminologia sulla fidatezza e sulla qualità del servizio*, definisce la manutenzione come:

“combinazione di tutte le azioni tecniche ed amministrative, incluse le azioni di supervisione, volte a mantenere o riportare un'entità in uno stato in cui possa svolgere la funzione richiesta”.

Inglobando i compiti, i contenuti e ampliando gli obiettivi al passo con quanto le aziende iniziavano a proporre per la funzione manutentiva:

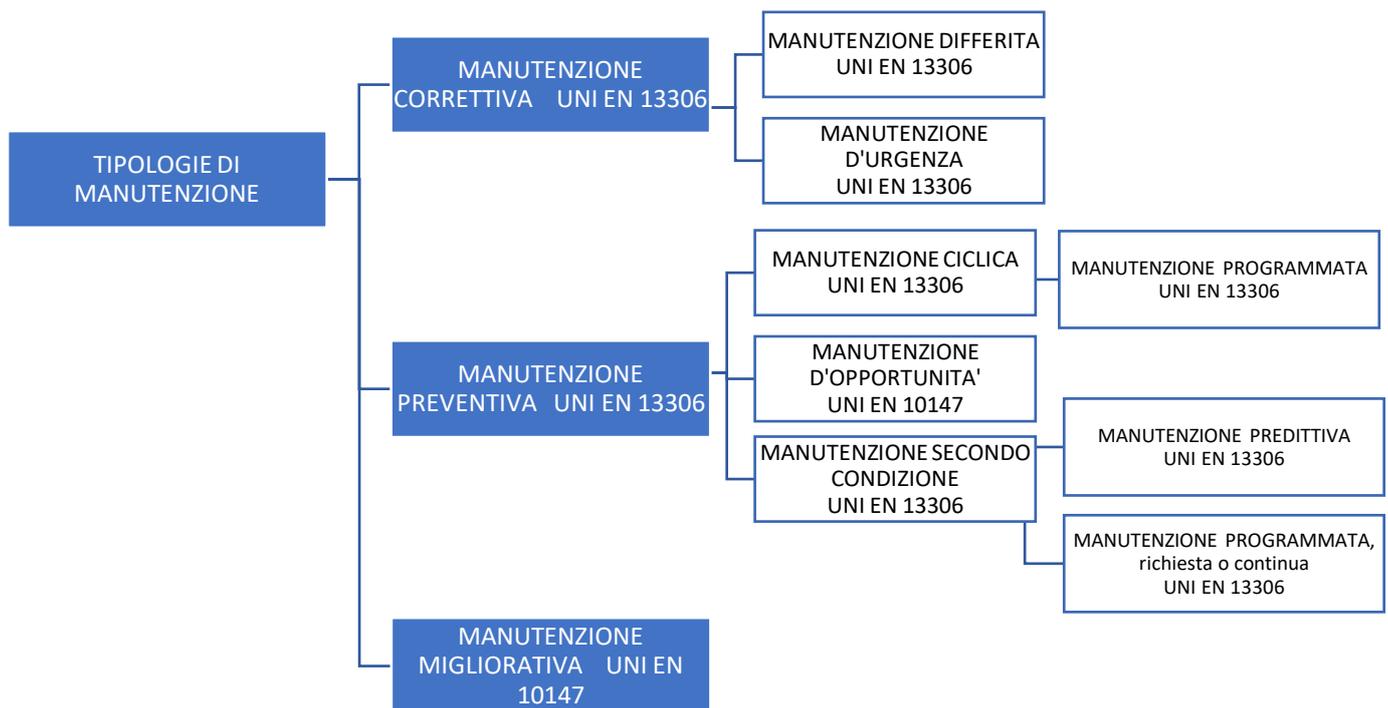
- Mantenere le macchine, impianti e attrezzature in condizione di lavoro ottimale;
- Garantirne lo sfruttamento per tutta la vita utile del mezzo;
- Ridurre i costi della manutenzione grazie al controllo costante;
- Aumentare gli standard di sicurezza e produttività riducendo i guasti.

Conseguenza di tutto ciò è il miglioramento dei processi aziendali. A tal fine, vengono definite le strategie di manutenzione. È la norma UNI EN 13306:2018 (che in parte sostituisce la precedente 9910, ritirata nel 2016) a definire il termine strategia come “metodo gestionale utilizzato allo scopo di raggiungere gli obiettivi della manutenzione”

⁵ Ferrari G., *Manutenzione*, Franco Angeli, Milano, 2007

Le principali strategie manutentive definite dalle Norme UNI sono:

- “manutenzione correttiva (o manutenzione a guasto): manutenzione eseguita a seguito della rilevazione di un’avarìa e volta a riportare l’entità in uno stato in cui possa eseguire la funzione richiesta”. In base alla gestione temporale dell’azione si distingue in:
 - “manutenzione differita (UNI EN 13306:2010): correttiva che non è eseguita immediatamente dopo la rilevazione di un’avarìa, ma che è differita in conformità a determinate regole”;
 - “manutenzione d’urgenza (UNI EN 13306:2010): correttiva eseguita senza indugio dopo la rilevazione di un guasto in modo da evitare conseguenza inaccettabili”, come rischi per la sicurezza e interruzione del processo produttivo;
- “manutenzione migliorativa: insieme delle azioni di miglioramento o piccola modifica che non incrementano il valore patrimoniale del bene”;
- “manutenzione preventiva: manutenzione eseguita ad intervalli predeterminati o secondo criteri prescritti e prevista per ridurre la probabilità di guasto o il degrado nel funzionamento di un’entità”. A sua volta può essere:
 - “manutenzione ciclica (UNI EN 13306:2010), preventiva effettuata a intervalli di tempo stabiliti o un numero di unità di misura di utilizzo, ma senza una precedente indagine sulle condizioni dell’entità”;
 - “manutenzione di opportunità (UNI EN 10147:2011), preventiva eseguita in anticipo rispetto all’occorrenza, pianificata come conseguenza di un’attività imprevista che ne consente l’esecuzione a un minor costo ridotto o con un minor numero di risorse”;
 - “manutenzione secondo condizione (UNI EN13306:2010), (predittiva) che include una combinazione di monitoraggio delle condizioni e/o ispezione e/o prove, analisi e le azioni di manutenzione che ne conseguono”.



Schema elaborato da Francesca Fabris, 2016⁶.

1.3.1 La manutenzione correttiva

Dal punto di vista pratico-descrittivo, la manutenzione correttiva consiste nel riportare il sistema allo stato in cui si trovava prima della rilevazione del guasto, condizione che fa scaturire l'intervento. Non ha alcun carattere previsionale pertanto non necessita di programmazione. Trova utilità nei macchinari a basso costo che non comportano, con la loro avaria, un fermo alla produzione, tale approccio è sicuramente diffuso in campo edilizio per gli elementi tecnici non strutturali.

1.3.2 La manutenzione migliorativa

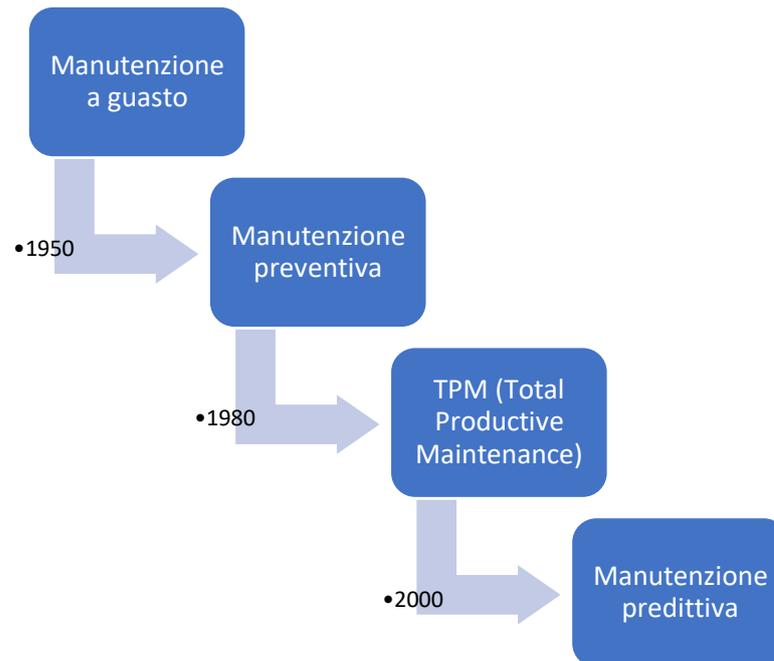
Questo tipo di manutenzione si basa sulla volontà di migliorare il funzionamento, riducendo anche il rischio di mancato adeguamento normativo e di obsolescenza dei sistemi, ossia ridurre i possibili guasti studiandone le cause. Per fare ciò è necessario conoscere i macchinari e gli impianti cui ci si riferisce nonché le tecnologie innovative di intervento. Tuttavia, bisogna mettere in conto il rischio di incorrere in guasti diversi con le modifiche fatte al sistema.

⁶ http://tesi.cab.unipd.it/52104/1/Fabris_Francesca_mat_613429_TESI.pdf

1.3.3 La manutenzione preventiva

La manutenzione preventiva, è basata sul concetto di predizione, possibile solo grazie ad un monitoraggio costante e ciclico di valori ritenuti indicativi dello stato di efficienza del macchinario. Così è possibile ridurre i guasti e programmare gli interventi dei manutentori nonché ridurre le scorte. L'approccio preventivo richiede analisi dell'incidenza di guasti e non funzionamenti di tipo statistico.

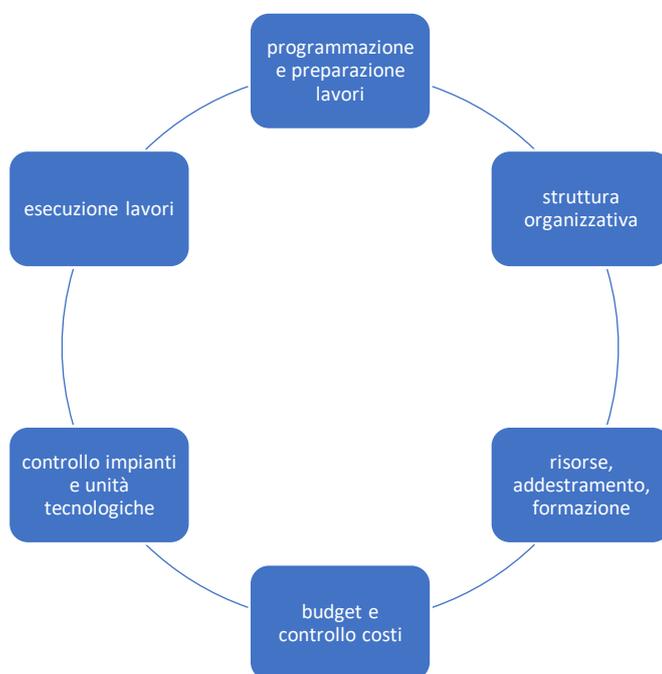
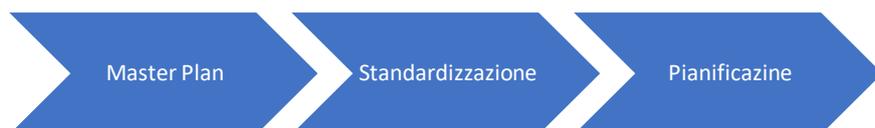
In relazione all'evoluzione della complessità dei mezzi di produzione si è avuta una corrispondente evoluzione delle attività manutentive:



In generale, le diverse strategie manutentive sono caratterizzate dal passaggio dall'intervento casuale ai processi organizzati e pianificati.

1.4 La pianificazione: progetto ed esecuzione della manutenzione

La pianificazione della manutenzione è il processo che si colloca tra la fase di progettazione e la fase di esecuzione. Fondamentalmente si individuano tre filoni strettamente correlati tra di loro, il Master Plan (MP), la standardizzazione e la pianificazione vera e propria.⁷



Schema elaborato da Furlanetto, 1998.

Il Master Plan in senso letterale identifica il piano regolatore del progetto, ma in realtà è sempre più comune estendere il concetto per tutto il progetto fino alla sua messa in opera. Infatti, quando le aziende non riescono a far funzionare bene le loro attività di manutenzione o peggio ancora non hanno alcun sistema integrato che ne permetta una gestione efficace, occorre necessariamente sviluppare il cosiddetto “Master Plan del sistema integrato di manutenzione”. Proprio in questa sua accezione, quindi, il MP va ad occuparsi delle strutture organizzative, degli aspetti tecnici, dei metodi di lavoro, fino a diventare un vero e proprio piano operativo.

⁷ Furlanetto L., Manuale di manutenzione degli impianti industriali e servizi, Franco Angeli, Milano, 1998

Di questo piano operativo si possono identificare 4 distinte fasi:

1. Master Plan (vero e proprio) – Piano regolatore
2. Detail Design – Progettazione dettagliata
3. Switching over – Commutazione vecchio/nuovo
4. Implementation – Messa in esercizio a regime

Per capire al meglio il concetto di MP potrebbe tornare utile, a mo' di esempio, il processo di rifacimento di un altoforno.⁸

Si parte dall'analisi sullo stato della tecnologia, ossia se l'altoforno deve solo essere rifatto, a causa dell'usura o deve essere oggetto di manutenzione migliorativa, oppure se necessita di nuove tecnologie per gli impianti, pro e contro vengono individuati tenendo conto delle possibilità di manutenzione e del loro costo. Dopo questa analisi si stabiliscono i parametri di base del rifacimento programmato. Questa prima fase è il Master Plan vero e proprio.

Nella seconda fase, ossia il Detail Design, si sviluppano e progettano fino al livello esecutivo i nuovi impianti da costruire.

Nella terza fase, lo Switching over, si pensa al montaggio degli impianti e all'accertamento della regolare esecuzione/commutazione per ottimizzare la produzione, passando per l'istruzione e l'addestramento del personale coinvolto.

Nella quarta ed ultima fase, l'Implementation, si parte con l'avvio della produzione correggendo eventuali malfunzionamenti, fino ad arrivare alla messa a regime dell'altoforno rifatto.

Il risultato del MP raggruppa una serie di elementi che vanno dai criteri imposti alla base del nuovo progetto implementato alla sua struttura organizzativa, dal piano di realizzazione e dell'organizzazione necessaria ad esso al dettaglio dei manuali operativi finali per l'applicazione del piano.⁹

1.4.1 Fasi del Master Plan

Si parte dalla rilevazione e dall'analisi del fabbisogno di attività manutentive in relazione al sistema di monitoraggio dello stabilimento o del sito preso in esame.

Uno strumento utile per individuare questi fabbisogni è un *questionario* che – nella prospettiva TPM - serve a rilevare un insieme di informazioni utili a ricostruire storia e stato dello stabilimento da parte di operatori, manutentori e tecnici di processo.

Generalmente si prende in considerazione almeno l'ultimo triennio:

- Caratteristiche degli impianti e risultati di produzione
- Organizzazione della manutenzione ed eventuali modifiche organizzative
- Personale addetto alla manutenzione
- Andamento dei costi di manutenzione e della funzionalità degli impianti
- Esistenza di interventi di manutenzione programmati a lungo, medio e breve termine

⁸ Furlanetto L., Manuale di manutenzione degli impianti industriali e servizi, Franco Angeli, Milano, 1998

⁹ Furlanetto L., *cit.*

- Sistemi di monitoraggio della manutenzione (relazioni, rapporti, riunioni)
- Problematiche e criticità riguardanti il personale in servizio
- Esistenza di azioni mirate a migliorare l'affidabilità degli impianti, diminuendone i costi.

Al questionario seguono generalmente delle *rilevazioni in campo*, ossia esperienze dirette a contatto con i tecnici dello stabilimento in esame, che culminano in esami e analisi sui processi manutentivi in essere al momento della rilevazione. Dall'insieme dei dati raccolti dal questionario e dalle rilevazioni in campo nasce una documentazione sui problemi emersi e relativi provvedimenti per la soluzione. Questo documento rappresenta la fine della fase preliminare di analisi, utile sia per stabilire le priorità nella nuova progettazione che per verificare a fine lavori se le problematiche elencate saranno realmente risolte.

Definita la fase preliminare, occorre valutare alcuni aspetti che influenzano il sistema e ne determinano la corretta realizzazione.

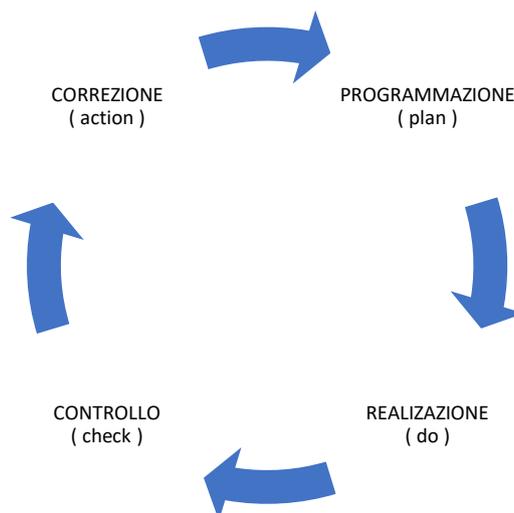
I *prerequisiti* sono dei fattori esterni che influenzano il sistema della manutenzione come per esempio i problemi del personale, problemi sui sistemi degli acquisti o del magazzino o gap tecnici. Data la varietà di aspetti, alcuni prerequisiti devono essere affrontati con interventi nella fase di progettazione di dettaglio, altri prima della messa in esercizio. I *sottoinsiemi di attività*, invece, sono quelle parti del sistema in cui esso viene suddiviso per potervi fissare delle regole generali. Esprimono le proposte di miglioramento delle attività e raccolgono le linee guida delle attività, in manuali operativi utili ai manutentori. Esistono sottosistemi comuni come per esempio:

- i materiali e i ricambi
- i controlli tecnici delle prestazioni
- i controlli economici delle prestazioni
- la gestione delle attività tecniche
- la gestione della formazione/addestramento.

Mentre i sottosistemi specifici di area, per esempio:

- i servizi generali
- i servizi tecnici
- la manutenzione periferica
- gli ambiti ad attività specifiche, come le officine elettriche e meccaniche.

Adottare un Master Plan in una realtà già esistente, viene visto come l'imposizione di qualcosa deciso dall'alto, provocando degli inevitabili ostruzionismi o quanto meno registrando una resistenza al cambiamento perché è più facile perpetrare un'abitudine che modificare il modo di compiere le stesse azioni. Tali criticità si sono evidenziate dagli anni '70 nelle industrie di processo e dagli anni '90 nelle applicazioni a sistemi variabili e a minor livello di industrializzazione come il cantiere edile e infrastrutturale. Il Sistema Integrato di Manutenzione e la sua applicazione in qualità sono basati sul ciclo di Deming (PDCA) che consiste nella correlazione delle stesse semplici azioni per migliorare costantemente il programma:



Elaborazione del processo ideato da W. Edwards Deming

1.4.2 La standardizzazione in manutenzione

Le attività aziendali necessitano di inequivocabilità ed univocità, ossia di avere un percorso prefissato di azione compiuto da qualsiasi operatore nella stessa maniera. In questo modo, le azioni sono costantemente analizzate e migliorate attraverso l'analisi dei risultati. Non sarebbe possibile una analisi obiettiva dei risultati se non si valutassero costantemente gli stessi parametri, censiti e analizzati nelle medesime condizioni. Dunque, in un'azienda, gli standard, oltre ad essere rapportati al livello di azione definibile come aziendale, di stabilimento o di area, possono avere carattere:

- tecnico
- organizzativo
- normativo (essere delle regole).

Gli standard tecnici, nel campo della manutenzione industriale, si riferiscono a parametri operativi di controllo dell'impianto: le condizioni di un impianto sono in costante monitoraggio al fine di restituire dei parametri che descrivano lo stato delle macchine. La scelta di tener sotto controllo un certo parametro rispetto ad un altro, passa da una preventiva analisi di significatività del dato; appurata l'attendibilità, il controllo è continuo o periodico. È necessario valutare:

- gli standard generali di impianto / macchina; che racchiudono i dati afferenti allo "stato di salute" della macchina. Sono composti da:
 - dati permanenti: come ad esempio i dati identificativi della macchina (nr. di matricola, modello, funzioni della macchina, valori limite raccomandati dal produttore, ecc.);
 - standard di ispezioni di routine a macchina in moto: è propedeutico al precedente, ma individua nel dettaglio alcuni punti da controllare con frequenza giornaliera o plurigiornaliera (es. il serraggio dei bulloni, la pulizia, ispezioni visive o in generale sensoriali, ecc.);
 - standard di ispezione periodica a macchina ferma: rappresenta il "diario" della macchina, si verifica l'usura dei materiali per pianificarne l'eventuale sostituzione.
- gli standard di controllo produttivo;

- gli standard del controllo tecnico-economico: si annotano le prestazioni degli impianti, gli scarti rispetto a quelle attese, si registrano i guasti ed i lavori eseguiti nonché i costi derivati da ognuna di tali attività.

La definizione degli standard, è regolata dai piani di produzione e dai costi stabiliti dall'azienda; le attività manutentive vengono innescate dalla valutazione di tali standard e continuano con le attività operative di miglioramento prodotte dallo studio dei suddetti parametri.¹⁰

I lavori di manutenzione sono tradizionalmente classificati come processo in funzione di tre aspetti fondamentali:

1. TEMPO DI ESECUZIONE (in quale circostanza il lavoro viene eseguito e quanto dura).
Il Tempo di esecuzione individua quattro ulteriori categorie di lavoro:
 - in emergenza
 - manutenzione svincolata (dalla produzione)
 - in fermata programmata
 - in fermata di fermo produzione (annuale)
2. GRUPPO ESECUTORE (chi esegue il lavoro)
Individua differenti raggruppamenti di potenziali esecutori:
 - Gruppo di pronto intervento - emergenza
 - Squadra lavori interne
 - Centri e specialisti esterni terzi
3. CONTENUTO (che tipo di lavoro viene eseguito).
 - Lavori di routine
 - Lavori ripetitivi
 - Lavori periodici
 - Lavori di ispezione
 - Lavori di pronto intervento che fermano la produzione
 - Lavori di pronto intervento che non fermano la produzione

¹⁰ Furlanetto L., Manuale di manutenzione degli impianti industriali e servizi, Franco Angeli, Milano, 1998
pag. 16

| TABELLA RIASSUNTIVA | | | | | | |
|---------------------|-----------------------------------|---------------|---------------------------|---------------|--|--|
| TEMPO ESECUZIONE | | DI | GRUPPO ESECUTORE | | CONTENUTO | |
| <i>codice</i> | <i>Denominazione</i> | <i>codice</i> | <i>Denominazione</i> | <i>codice</i> | <i>Denominazione</i> | |
| I | Lavori in emergenza | 1 | pronto intervento | A | Routine | |
| II | Lavori di manutenzione svincolata | 2 | Squadra lavori di area | B | Ripetitivi | |
| III | Lavori in fermata programmata | 3 | Centri esterni sociali | C | Periodici | |
| IV | Lavori in fermata annuale | 4 | Centri esterni terzi | D | di ispezione | |
| | | 5 | Specialisti esterni terzi | E | di pronto intervento che fermano la produzione | |
| | | | | F | di pronto intervento che non fermano la produzione | |

Schema rielaborato da Furlanetto, 1998¹¹

Se, per esempio, si consuntivano molti lavori di routine (codice A), ripetitivi (codice B) e periodici (codice C) e pochi lavori di ispezione (codice D), significa che il sistema di manutenzione è alla massima standardizzazione e c'è il pericolo di eseguire lavori non necessari; se si consuntivano pochi lavori di routine (codice A), ripetitivi (codice B) e periodici (codice C) e molti lavori di ispezione (codice D), significa che il sistema manutentivo sviluppa molto l'ispezione ma c'è comunque il pericolo di doversi trovare a lavorare in emergenza (con conseguenti costi maggiori). La quantità di lavori per guasti (codice E ed F) rappresenta la "temperatura" dell'efficienza sia del sistema di manutenzione che della conduzione degli impianti, la diagnostica è infatti funzionale alla crescita invece della manutenzione predittiva.

Il sistema perfetto non esiste, esiste un sistema manutentivo attento e pronto a plasmarsi ed evolversi in continuazione per il miglior soddisfacimento dell'azienda.

¹¹ Furlanetto L., Manuale di manutenzione degli impianti industriali e servizi, Franco Angeli, Milano, 1998
pag. 17

1.5 L'ingegneria della manutenzione

Fino agli anni '20 il concetto di manutenzione era riferito ad una attività di tipo artigianale pur svolta all'interno della fabbrica. Nel periodo delle ricostruzioni postume alla seconda Guerra Mondiale, si definisce il ruolo del manutentore e della manutenzione come parte integrante ed indispensabile della fabbrica. L'organizzazione di sistema e processo delle aziende manifatturiere assume un ruolo prevalente grazie all'avvento dell'automazione, mentre negli anni '80, con le nuove tecniche di analisi e progettazione della manutenzione ci si inizia a basare sui concetti di affidabilità, ciclo di vita e sulla logistica. Ai nostri giorni, invece, l'obiettivo primario è di ridurre sempre più i costi delle imprese per cui la manutenzione deve essere effettuata con le minime risorse a disposizione, sfruttando gli strumenti di *reporting information system* e *web based maintenance*. La disciplina che regola il modus operandi di tale nuovo modo di procedere è l'ingegneria di manutenzione.

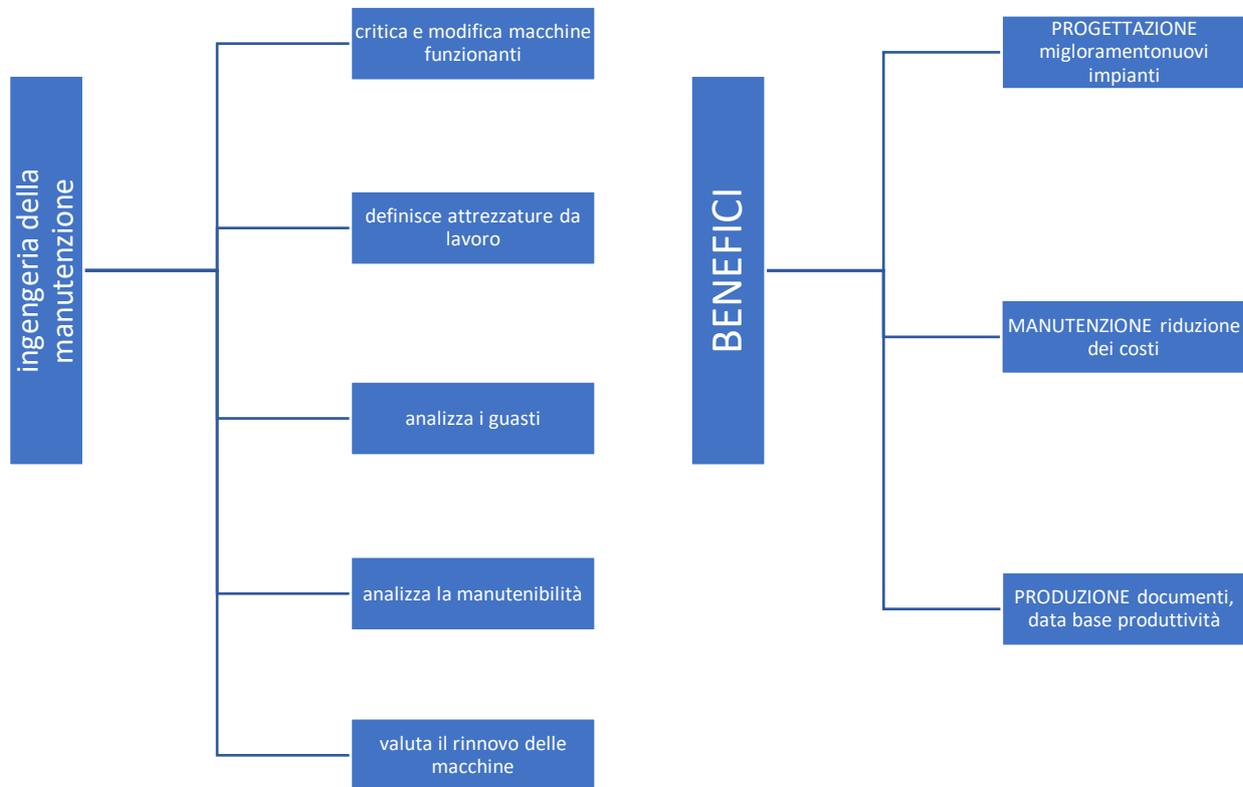
Il processo manutentivo come tutti gli altri processi di un'azienda è ciò che le consente di raggiungere i maggiori livelli qualitativi oltre all'impiego di nuove tecnologie e alla ricerca costante di un continuo miglioramento. Si tratta di un'attività manageriale in grado di avere una visione globale di tutti gli ambiti dell'azienda ed in grado di agire su tutti i fronti. Il management di manutenzione in un'impresa riveste un ruolo strategico ed ha un carattere terotecnologico. Ciò vuol dire che tale materia richiede l'uso di diverse discipline quali l'ingegneria, la finanza, le risorse umane, nonché lo stesso management finalizzate all'ottimizzazione della vita economica dei beni del patrimonio dell'azienda. L'approccio terotecnologico richiede lo scambio, la collaborazione e la partecipazione di tutto gli attori del sistema. Data una risorsa strumentale, l'utilizzatore finale riporterà le sue osservazioni circa la sua affidabilità nel tempo e la sua manutenibilità; utilizzando le informazioni riportate, il management potrà apportare modifiche alla progettazione iniziale, tali da migliorare le prestazioni e diminuire i costi di utilizzo. Un progetto manutentivo in chiave terotecnologica altro non è che l'ingegneria applicata alla manutenzione: l'ingegneria di manutenzione.

La filosofia della partecipazione a tutti i livelli, ossia il coinvolgimento da parte degli organi di staff (coordinatori) nei confronti degli organi di line (operatori) al miglioramento continuo della risorsa aziendale attraverso la loro azione e interrogazione sulle problematiche riscontrate durante il ciclo produttivo, si contrappone alle azioni del singolo capo-squadra che, per esempio, su segnalazione di un operaio del suo gruppo, sostituisce un attrezzo che può rendere il lavoro meno faticoso senza valutare aspetti come:

- il costo di esercizio del nuovo strumento rispetto al precedente;
- il ciclo vita dell'attrezzo;
- i suoi costi e tempi di manutenzione;

insomma, senza eseguire alcun bilancio economico e tecnico.

Una manutenzione ingegnerizzata, consentirebbe invece di realizzare un'azione metodica che abbracci nella globalità tutti gli approcci della problematica manutentiva sentiti gli utilizzatori per la raccolta dei dati analizzati dallo staff (ingegneri della manutenzione) in maniera ordinata e sistematica.

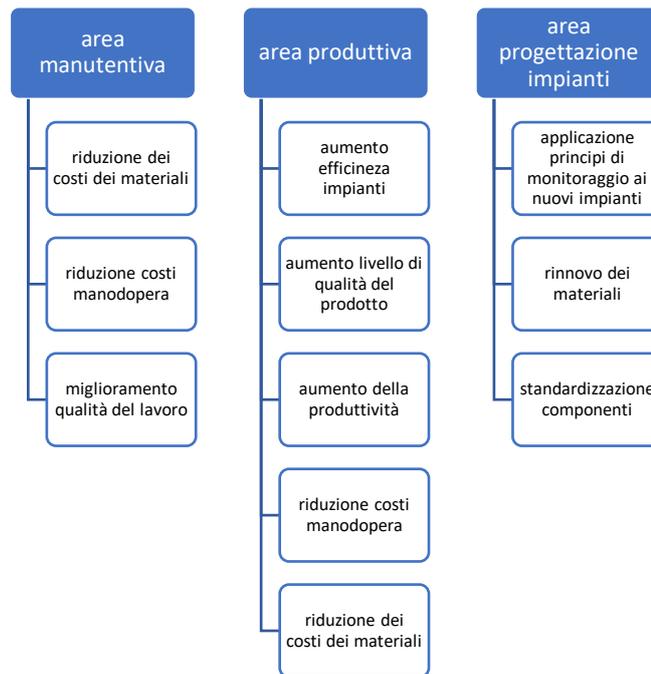


Schema rielaborato da Iannaccone, 2007

Dunque, l'ingegneria di manutenzione è un'attività che coinvolge sia gli organi di linea per la raccolta delle esigenze di miglioramento, sia gli organi di staff per la raccolta delle informazioni di carattere approfondito. L'interscambio non si esaurisce nella sola fase analitica di raccolta dei dati, il confronto è necessario anche nella fase elaborativa di studio delle soluzioni per verificarne l'attendibilità pratica. Tale fase di studio consta di sei fasi:

1. Scelta del campo operativo;
2. Analisi dei dati;
3. Elaborazione delle idee per il miglioramento;
4. Verifica delle stesse;
5. Programma di attuazione;
6. Controllo dei risultati.

Gli effetti positivi dell'ingegneria della manutenzione sono riscontrabili non solo nell'area manutentiva, ma anche nel settore della produzione e della progettazione. Nel dettaglio i vantaggi che si possono osservare sono:



Schema rielaborato da Iannaccone, 2007

Altri strumenti molto importanti per lo sviluppo dell'ingegneria di manutenzione sono le tecniche di pre-post valutazione, quali analisi del valore (Value Analysis, Value Engineering), brain storming, studi di fattibilità, consultazioni con i fornitori e consulenze specialistiche.¹²

1.6 Dalla Manutenzione al Facility Management

Una volta precisato che il Facility Management è l'attività che coordina il posto di lavoro, l'utente e la tipologia di lavoro svolto dalle società e che va ad integrare i principi di ingegneria, architettura, amministrazione e psicologia, andiamo ad analizzare i compiti e i servizi legati a tale attività. Sostanzialmente il Facility Management costituisce l'insieme di quelle pratiche volte a garantire la funzionalità di un edificio, ossia l'ottimizzazione del legame tra tutte le attività di processo e di gestione (struttura fisica, impianti, apparati) ed il prodotto finale. Quindi il Facility Management permette, proprio attraverso la conoscenza, le metodologie e le strumentazioni, di ottenere una gestione ottimale e ottimizzata di tutti i servizi per edifici o patrimoni immobiliari, sempre tenendo conto delle esigenze dell'utente.

Prima di approfondire al meglio il Facility Management e per comprendere come si può sfruttare a livello professionale, ne va obbligatoriamente chiarito il concetto stesso, essendo consapevoli, tra l'altro, che tale concetto può assumere diverse sfaccettature di significato in base ai mercati ed alle tradizioni dei Paesi in cui viene contestualizzato e quindi applicato.

Il Facility Management sostanzialmente nasce negli Stati Uniti per poi essere, successivamente, importato nei Paesi con un settore terziario molto all'avanguardia. Ed è ovviamente statunitense una delle prime definizioni che ci può rendere più facile la comprensione dell'argomento che stiamo trattando. Questa definisce il Facility Management come "la pratica di coordinamento del posto/spazio di lavoro con l'organizzazione delle persone e delle loro

¹² Iannaccone W., Ingegneria di manutenzione, Franco Angeli, Milano, 2007.

molteplici attività; esso integra al suo interno principi di amministrazione, architettura, psicologia, ingegneria ed economia”.

Un'altra definizione, seppur abbastanza simile, dice che il Facility Management è “la pratica di coordinamento tra il posto di lavoro, l'utente e il tipo di lavoro svolto dalle società; esso integra i principi di amministrazione, architettura, psicologia e ingegneria”. Si capisce, di conseguenza, che i compiti che il Facility Management deve affrontare riguardano soprattutto la gestione, lo sviluppo e la pianificazione strategica delle attività che non riguardano direttamente il core business dell'azienda, il coordinamento delle attività di manutenzione e riqualificazione degli apparati di un edificio o di un patrimonio immobiliare, la supervisione dei processi di riqualificazione stessi, ed infine la gestione degli approvvigionamenti e dei rapporti con i fornitori attraverso il controllo dei servizi e delle attrezzature che questi ultimi prestano.

Ma cosa sono esattamente i servizi definibili di Facility Management? Essi sono quei servizi all'edificio, all'organizzazione e alle persone. Tra i molteplici servizi possiamo elencare a titolo esplicativo, trasporti interni, attività edili, conduzione e manutenzione degli impianti tecnologici, conduzione e manutenzione degli impianti elettrici, servizi di mensa, pulizie, manutenzione aree a verde e viabilità - parcheggi, sorveglianza, smaltimento rifiuti. In altre parole, e aiutandoci con un'altra definizione, “il Facility Management costituisce la gestione, la struttura fisica dell'edificio ed i relativi impianti/apparati affinché venga ottimizzato il legame tra ogni tipo di attività-processo gestionale ed il prodotto finale e cioè la funzionalità dell'edificio”¹³.

Andando più nel dettaglio delle tre tipologie di servizi che abbiamo individuato, possiamo dire che:

i servizi all'edificio sono tutte quelle attività che garantiscono la continuità di funzionamento dello stesso, sia relativamente alle strutture che agli impianti garantendo il costante rispetto delle norme sulla sicurezza sul lavoro e della gestione razionale dell'energia;

i servizi all'impresa sono quelle attività esternalizzate per via dell'alto livello di complessità, come ad esempio la contabilità, l'accoglienza o la gestione di un parco auto o mezzi;

i servizi alla persona sono invece volti al miglioramento delle condizioni del lavoratore, poiché il suo benessere corrisponde ad una produttività maggiore. Esempio ne sono i servizi di ristorazione o la gestione delle aree break.

Il risultato del Facility Management può essere individuato, indipendentemente che si tratti di un'opera tangibile o di un servizio, in un guadagno in termini di qualità e competitività del prodotto edificio/spazio di lavoro. Il Facility Management è, quindi, una strategia in continua evoluzione. Infatti, l'utilizzo e la fruizione di un impianto come di un edificio non restano statici nel tempo perché le tecnologie si evolvono, i prodotti cambiano, il business risponde alle esigenze di mercato e quindi gli amministratori del Facility Management (i Facilities Managers) devono adeguarsi monitorando continuamente e intervenendo con azioni correttive ogni volta che si rende necessario per far sì che le operazioni relative alla conduzione dell'edificio tornino ad avvicinarsi ai livelli pianificati.

Di conseguenza, le attività che il Facility Management va ad abbracciare sono molteplici e variegate. Si va dalla programmazione delle attività manutentive degli spazi all'interazione con i progetti di ristrutturazione, dalla pianificazione strategica dei servizi alla individuazione dei

¹³ M. Rulli, Il facility management, in Geopunto (rivista), 80/2018, Editore Collegio Provinciale dei Geometri e dei Geometri Laureati di Roma, 2018

relativi budget dei costi, supportando il Project Management e integrando tutti quei servizi che si rendono necessari per il funzionamento ottimale dell'edificio, dell'organizzazione e delle persone che ne fanno parte. La complessità dell'organizzazione di queste attività lascia intendere facilmente come la competizione in questo settore diventi sempre più impegnativa, soprattutto a causa dei continui mutamenti dei processi lavorativi ed organizzativi. Infatti, la gestione richiede una sempre maggiore qualità e variabilità dettate dalla continua evoluzione tecnologica e dall'evoluzione del quadro normativo in ambito di sicurezza nei luoghi di lavoro.¹⁴

1.6.1 Il Contratto di Facility Management delle risorse immobiliari

Sul FM, in relazione anche alle forme di affidamento e appalto del servizio e al controllo di qualità, si fa riferimento alle norme nazionali e internazionali e alle procedure sviluppate dalla sezione italiana dell'International Facility Management Association (IFMA).

Il termine Facility Management (FM) viene spesso confuso con l'*Outsourcing* (UNI 11136:2004) inteso come affidamento ad un soggetto esterno di uno o più servizi per immobile o patrimonio immobiliare o la gestione operativa di processi, o con il *Global Service*, che la Norma UNI 11136:2004 *Global Service per la manutenzione dei patrimoni immobiliari*, definisce come contratto basato sui risultati in cui vengono affidate all'esterno una serie di attività rivolte all'immobile. In realtà, i processi di FM possono potenzialmente applicarsi sia con settori aziendali interni, che assumono specifica specializzazione, sia con aziende gestionali esterne e multi-services, considerando essenziale il mantenimento interno delle funzioni di controllo e valutazione.

In fase di contrattualizzazione, vertendo lo stesso FM, su una vasta gamma di tematiche e di azioni, manca, ad oggi, di riferimenti legislativi chiari e precisi, pertanto ci si basa spesso sulla definizione di contratto del "Global Service" della Norma UNI 10685:2007 Manutenzione - Criteri per la formulazione di un contratto di manutenzione basato sui risultati (global service di manutenzione), ossia:

"Contratto riferito ad una pluralità di servizi sostitutivi delle normali attività di manutenzione, con piena responsabilità sui risultati da parte dell'assuntore".

L'unico strumento a disposizione sono gli articoli 14 e 15 del Codice degli Appalti che regolano i contratti misti di servizi e forniture oppure le Convenzioni Consip che riguardano Servizi di Asset Management, Property Management e Facility Management, ma molte attività, non rientrano nel "core business" dell'organizzazione, pertanto, le aziende e le PA da una parte e fornitori dall'altra, hanno riscontrato forti criticità di carattere tecnico-normativo, avvertendo la necessità di uno strumento che garantisca una corretta impostazione contrattuale.

Sebbene dal 2018 si parli di proposte al Governo di una Legge quadro per il settore, ancora nulla di concreto è stato pubblicato.

Al fine di promuovere la disciplina del FM, nel 1980 nasce negli Stati Uniti l'International Facility Management Association, associazione no-profit attiva anche in Italia dal 1995 per creare una classe di professionisti specializzati nel settore. Relativamente alla contrattualizzazione, tale associazione ha stilato un modello di contratto definito "Contratto di FM – Il Bollino Blu di IFMA Italia" (2013), la cui stesura ha visto l'interpello di entrambe le parti interessate (appaltatori e stazioni appaltanti), che detta contenuti e parametri che devono essere rispettati nei documenti

¹⁴ M. Rulli, Il facility management, in Geopunto (rivista), 80/2018, Editore Collegio Provinciale dei Geometri e dei Geometri Laureati di Roma, 2018

contrattuali proposti tra le parti e che quindi si pone quale “garante” di un contratto non lesivo per alcun contraente.

A livello normativo nazionale, la Sotto Commissione UNI “manutenzione dei patrimoni immobiliari” ha avuto ruolo essenziale nello sviluppo di linee guida contrattuali, al livello comunitario, nel 2006 il Comitato Europeo di Normazione CEN ha pubblicato prime norme sul facility management (serie EN 15221) per l’iniziale armonizzazione di termini e prassi fra i diversi paesi.

A livello normativo internazionale, il comitato tecnico ISO TC/267 nel 2017 ha pubblicato due norme e un technical report introduttivo per restituire un inquadramento mondiale sul tema del facility management: *ISO 41011:2017 Facility management -- Vocabulary*; *ISO 41012:2017 Facility management - Guidance on strategic sourcing and the development of agreements* e *ISO/TR 41013:2017 Facility management -- Scope, key concepts and benefits*.

La norma ISO 41012:2017, recepita in Italia, amplia la definizione di facility management: “Funzione organizzativa che integra persone, luoghi e processi nell'ambiente edificato con lo scopo di migliorare la qualità della vita delle persone e la produttività dell'attività principale”.

Nel 2018 una nuova norma sul tema del facility management – la ISO 41001:2018 *Facility management - Management systems -Requirements with guidance for use* – introduce a linee guida di appalto e processo internazionali, definisce infatti dei requisiti per le modalità di gestione dei processi di fornitura servizi di FM e rappresenta uno dei primi esempi di applicazione integrata dei principi generali definiti dalle norme sui sistemi di gestione, quali la ISO 9001:2015 sulla gestione della qualità aziendale, la ISO 14001:2015 per quella ambientale e la ISO 45001:2018 sulla sicurezza del lavoro. Nella nuova norma, la definizione della produttività è considerata, inoltre, in relazione al raggiungimento di un’adeguata qualità della vita negli ambienti¹⁵.

Le prassi della norma ISO 41001:2018 sono rivolte a:

- migliorare la qualità, la produttività e le prestazioni finanziarie;
- migliorare la sostenibilità e ridurre l'impatto ambientale negativo;
- sviluppare ambienti di lavoro funzionali e motivanti;
- mantenere la conformità ai requisiti regolamentari e fornire luoghi di lavoro sicuri;
- ottimizzare le prestazioni e i costi del ciclo di vita;
- migliorare la resilienza e la rilevanza;
- progettare l'identità e l'immagine di un'organizzazione più positivamente.

Recepita anche in Italia, la UNI EN ISO 41001, sottolinea nelle premesse che “il facility management influenza la salute, il benessere e la qualità della vita di gran parte delle società e della popolazione del mondo attraverso i servizi che gestisce e fornisce” e costituisce un tendenziale superamento delle norme italiane precedenti.

A partire dal settore industriale, nel campo del FM bisogna considerare l’evoluzione che le tecnologie ICT (Information and Communication Technologies in termini di Internet of Things, Big Data e Data Analytics) hanno determinato nel controllo e nella gestione, dai flussi di produzione a controllo numerico fino alla fabbrica 4.0.

¹⁵ Paganin G., Sistemi di Gestione per il Facility Management in Manutenzione T&M, luglio/agosto 2018

In genere, una configurazione ICT raccoglie archivi e banche dati, è localizzata presso il committente e/o il gestore della manutenzione, attraverso unità di elaborazione personale può controllare tutte le applicazioni di software dedicate e il loro aggiornamento¹⁶.

L'utilizzo dello IoT per la manutenzione preventiva può ridurre il tempo di inattività degli impianti fino al 50%, e nel campo del controllo e della gestione degli edifici può applicarsi con sistemi già disponibili in particolare al controllo dei consumi energetici e alla sicurezza¹⁷.

Inoltre, essenziali le relazioni fra FM e Asset Management, come strategie di investimento finalizzate al miglioramento dei processi produttivi come delle risorse patrimoniali, mobili e immobili¹⁸.

¹⁶ Maspoli R., I sistemi informativi per la manutenzione, in Manutenzione e gestione sostenibile dell'ambiente urbano. Quaderno del Laboratorio QSM, Ladiana D., Alinea, 2007.

¹⁷ Nazca, Guida alle soluzioni tecnologiche per ottimizzare i servizi di Facility Management, White Paper, 2018

¹⁸ Adrodegari F., Saccani N., Innovare la manutenzione nell'epoca dell'internet of things, in Manutenzione T&M, aprile 2018.

2. LA MANUTENZIONE NEL SETTORE EDILE

2.1 Gli aspetti normativi

Nonostante la Norme citata UNI EN 13306:2018 offra una chiara definizione di manutenzione informatizzata, non è possibile applicare quanto essa descrive in ogni ambito senza fare delle precisazioni e delle distinzioni.

A legiferare nel settore edile, entra in gioco il d.P.R. 380/2001 Testo Unico Edilizia. Intanto si definisce intervento edilizio come qualsiasi attività che vada a modificare uno spazio con una nuova costruzione oppure che modifichi una costruzione esistente, ma, vista la genericità di tale definizione, nell'art. 3, vengono definite, più nello specifico le differenti trasformazioni dello spazio e le relative attività necessarie per compiere tali trasformazioni. In tale articolo, infatti, vengono elencate tutti i possibili interventi spaziali su un territorio vergine, dalle opere di urbanizzazione primaria alla realizzazione de infrastrutture ed impianti, agli interventi sull'esistente, passando dal restauro agli interventi di manutenzione.

Più precisamente, il TUE definisce:

a) *"interventi di manutenzione ordinaria", gli interventi edilizi che riguardano le opere di riparazione, rinnovamento e sostituzione delle finiture degli edifici e quelle necessarie ad integrare o mantenere in efficienza gli impianti tecnologici esistenti;*

b) *"interventi di manutenzione straordinaria", le opere e le modifiche necessarie per rinnovare e sostituire parti anche strutturali degli edifici, nonché per realizzare ed integrare i servizi igienico-sanitari e tecnologici, sempre che non alterino la volumetria complessiva degli edifici e non comportino modifiche delle destinazioni di uso. Nell'ambito degli interventi di manutenzione straordinaria sono ricompresi anche quelli consistenti nel frazionamento o accorpamento delle unità immobiliari con esecuzione di opere anche se comportanti la variazione delle superfici delle singole unità immobiliari nonché del carico urbanistico purché non sia modificata la volumetria complessiva degli edifici e si mantenga l'originaria destinazione d'uso;*

c) *"interventi di restauro e di risanamento conservativo", gli interventi edilizi rivolti a conservare l'organismo edilizio e ad assicurarne la funzionalità mediante un insieme sistematico di opere che, nel rispetto degli elementi tipologici, formali e strutturali dell'organismo stesso, ne consentano anche il mutamento delle destinazioni d'uso purché con tali elementi compatibili, nonché conformi a quelle previste dallo strumento urbanistico generale e dai relativi piani attuativi. Tali interventi comprendono il consolidamento, il ripristino e il rinnovo degli elementi costitutivi dell'edificio, l'inserimento degli elementi accessori e degli impianti richiesti dalle esigenze dell'uso, l'eliminazione degli elementi estranei all'organismo edilizio;*

d) *"interventi di ristrutturazione edilizia", gli interventi rivolti a trasformare gli organismi edilizi mediante un insieme sistematico di opere che possono portare ad un organismo edilizio in tutto o in parte diverso dal precedente. Tali interventi comprendono il ripristino o la sostituzione di alcuni elementi costitutivi dell'edificio, l'eliminazione, la modifica e l'inserimento di nuovi elementi ed impianti. Nell'ambito degli interventi di ristrutturazione edilizia sono ricompresi anche quelli consistenti nella demolizione e ricostruzione con la stessa volumetria di quello preesistente, fatte salve le sole innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica nonché quelli volti al ripristino di edifici, o parti di essi, eventualmente crollati o demoliti, attraverso la loro ricostruzione, purché sia possibile accertarne la preesistente*

consistenza. Rimane fermo che, con riferimento agli immobili sottoposti a vincoli ai sensi del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 e successive modificazioni, gli interventi di demolizione e ricostruzione e gli interventi di ripristino di edifici crollati o demoliti costituiscono interventi di ristrutturazione edilizia soltanto ove sia rispettata la medesima sagoma dell'edificio preesistente;

e) "interventi di nuova costruzione", quelli di trasformazione edilizia e urbanistica del territorio non rientranti nelle categorie definite alle lettere precedenti. Sono comunque da considerarsi tali:

e.1) la costruzione di manufatti edilizi fuori terra o interrati, ovvero l'ampliamento di quelli esistenti all'esterno della sagoma esistente, fermo restando, per gli interventi pertinenziali, quanto previsto alla lettera e.6);

e.2) gli interventi di urbanizzazione primaria e secondaria realizzati da soggetti diversi dal comune;

e.3) la realizzazione di infrastrutture e di impianti, anche per pubblici servizi, che comporti la trasformazione in via permanente di suolo inedificato;

e.4) l'installazione di torri e tralicci per impianti radio-ricetrasmittenti e di ripetitori per i servizi di telecomunicazione;

e.5) l'installazione di manufatti leggeri, anche prefabbricati, e di strutture di qualsiasi genere, quali roulotte, campers, case mobili, imbarcazioni, che siano utilizzati come abitazioni, ambienti di lavoro, oppure come depositi, magazzini e simili, ad eccezione di quelli che siano diretti a soddisfare esigenze meramente temporanee o siano ricompresi in strutture ricettive all'aperto per la sosta e il soggiorno dei turisti, previamente autorizzate sotto il profilo urbanistico, edilizio e, ove previsto, paesaggistico, in conformità alle normative regionali di settore; [...]¹⁹.

Ma le casistiche reali, quelle alle quali si va incontro nel campo applicativo, non sono sempre circoscrivibili nei confini definiti dai commi dell'articolo 3 del d.P.R. 308/2001, si sono pertanto venute a creare delle incomprensioni per le quali è dovuta intervenire la Corte Costituzionale che, con sentenza n. 238 del 23 Giugno 2000, ha sottolineato come il criterio generale per cogliere l'essenza della manutenzione ordinaria sia quello di intenderla come insieme di interventi atti a tutelare l'integrità della costruzione e la conservazione della sua funzionalità, "senza alterare l'aspetto esteriore dell'edificio".

Le opere di manutenzione sono in genere intese dalla giurisprudenza come intervento su di un edificato che è rinnovato o ripristinato, senza in alcun modo modificare l'originaria consistenza strutturale né la destinazione (*Cons. Stato, sez. IV, 30 agosto 2018, n. 5097; Cons. Stato, sez. V, 14 aprile 2016, n. 1510*).

Per chiarire meglio i sottili punti di contatto tra le definizioni degli interventi edili sopradetti, di seguito, una sintesi di quanto si riferisce. Si riportano altresì alcuni esempi:

2.1.1 Lavori di Manutenzione Ordinaria

Per manutenzione ordinaria, si intendono i più semplici lavori di riparazioni come ad esempio:

¹⁹ Testo Unico per l'Edilizia, d.P.R. 380/2001 - Art. 3

- Sostituzione di un pavimento interno o esterno;
- Rifacimento di intonaci e tinteggiatura di una parete;
- Sostituzione degli infissi interni ed esterni, come porte e finestre (esterni se si mantengono le caratteristiche);
- Installazione di dispositivi meccanici di sicurezza (es. grate);
- Sostituzione dei dispositivi igienico sanitari;
- Realizzazione di rivestimenti interni ed esterni;
- Installazione di antenna tv o parabola;
- Revisione, sistemazione e/o efficientamento degli impianti (compresi quelli di climatizzazione o di riscaldamento);
- Realizzazione opere di finitura (es. opere in cartongesso);
- Sistemazione comignoli e impianti per l'estrazione del fumo;
- Sostituzione di elementi tecnologici di impianti di ascensori;
- Impermeabilizzazioni tetti e terrazze;
- Sostituzione grondaie e pluviali;
- Riparazione ringhiere e parapetti;
- Sostituzione persiane mantenendo caratteristiche preesistenti.

2.1.2 Lavori di Manutenzione Straordinaria

Per manutenzione straordinaria si intendono i lavori di riparazione più impegnativa o di sostituzione di parti anche strutturali che non modificano il volume dell'edificio esistente. Esempi di questa tipologia di intervento sono:

- Sostituzione degli infissi di forme e misure diverse;
- Sostituzione di tutto o parte dell'impianto idrico, compresa la sostituzione dei sanitari;
- Sostituzione di una caldaia;
- Rifacimento scale recinzioni, muri di cinta e cancellate;
- Realizzazione di tramezzi;
- Interventi strutturali per il consolidamento strutturale (comprese le fondazioni).

Spesso, nella prassi quotidiana, si usa indistintamente il termine "ristrutturazione" anche in luogo al termine "manutenzione". Ad esempio sono anche considerati degli interventi di manutenzione straordinaria:

- Realizzazione di un controsoffitto calpestabile o non in semplice cartongesso;
- Realizzare o spostare un corpo scale, degli ascensori, montacarichi interni;
- Rifacimento di tutti o in parte gli impianti di un'unità residenziale (idraulico, tv e satellitare, riscaldamento, condizionamento, elettrico, allarme, ecc);
- Interventi di consolidamento o sostituzione di parti anche strutturali (solai, travi, murature portanti, ecc.)
- Tutti gli interventi che riguardino la modifica della superficie utile dell'appartamento senza alterare la percezione esterna dell'edificio, quindi in assenza di variazioni della sagoma²⁰.

²⁰ <https://www.preventivone.it/blog/ristrutturazione-edilizia/>

Risulta evidente che, come già detto, la linea di confine tra queste due tipologie di intervento sia piuttosto sottile, tanto da poter considerare la manutenzione straordinaria una macrocategoria a metà strada tra un piccolo lavoro di manutenzione ordinaria e una ristrutturazione vera e propria²¹.

Non è sufficiente, dunque, rilevare l'intervento che si vuole realizzare tra le voci sopra menzionate, poiché una stessa azione, eseguita con finalità differente, farà rientrare il lavoro edile in una o nell'altra categorizzazione. La caratteristica dell'intervento che potrebbe farci essere certi che si tratti di una manutenzione straordinaria, è l'innovazione, ossia la constatazione che nell'opera finita ci sia un elemento di novità rispetto all'opera preesistente. Analizzando, per esempio, il caso di una sostituzione di infissi.

Se la sostituzione riguarda un modello nuovo di serramento, ma identico per quanto riguarda la forma e il materiale vuol dire intraprendere un lavoro di manutenzione ordinaria. D'altra parte, se l'obiettivo è quello di sostituire le finestre con porte-finestre o con vetrate scorrevoli, si entra nel campo della manutenzione straordinaria. Se, ancora, facendo questa sostituzione, si creano spazi vivibili aggiuntivi oltre alla finestra come un balcone o una terrazza, si sfocia nel settore della ristrutturazione edilizia.

2.1.3 Lavori di Ristrutturazione edilizia

Per ristrutturazione edilizia si intende quell'insieme di lavori che trasformano l'organismo edilizio. Con ciò s'intende una variazione di volumetria, di destinazione d'uso, o comunque l'inserimento di nuovi elementi al fabbricato esistente. Esempi di questa tipologia di intervento sono:

- Realizzazione di un'apertura verso l'esterno;
- Accorpamento di due appartamenti adiacenti, o separazione degli stessi;
- Installazione e realizzazione di ascensori e scale esterne;
- Modifiche dell'aspetto esteriore delle facciate, come per esempio la creazione di un balcone o una pensilina;
- Demolizione di un solaio o realizzare di un soppalco abitabile;
- Cambio di destinazione d'uso;
- Realizzazione di una piscina privata o condominiale;
- Demolizione e ricostruzione di un edificio su sé stesso.

2.1.4 Restauro e risanamento conservativo

Per risanamento conservativo s'intende l'insieme degli interventi utili a garantire la funzionalità dell'opera conservandone allo stesso tempo gli elementi tipologici, formali e strutturali. La normativa associa tali lavori a quelli di restauro poiché hanno finalità e caratteristiche simili. A differenza delle manutenzioni e della ristrutturazione, l'obiettivo del risanamento sta nella definizione: risanare, ovvero eliminare gli eventuali stati di degrado garantendo gli standard igienici e sanitari necessari al suo utilizzo e, allo stesso tempo, conservarne integralmente la natura e la funzione. Ciò significa preservarne la fisionomia originaria in toto, compresa la distribuzione degli spazi interni. Affinché si tratti di risanamento, le tecniche utilizzate per eventuali ricostruzioni, sostituzioni e consolidamenti devono per questo essere simili o compatibili con quelle di costruzione, così come quanto riguarda i materiali utilizzati.

²¹ Molinari C., *Manutenzione in edilizia, nozioni, problemi, prospettive*, Franco Angeli, Milano 1989

Il restauro conservativo, invece, ha lo scopo di conservare la natura storica e artistica delle opere, pertanto ricade in una normativa a sé stante, ossia il *Codice dei beni culturali e del paesaggio*” D.Lgs n.42/2004 e s.m.i.. Gli edifici ai quali si riferisce, hanno la particolare caratteristica di essere vincolati dalla Sovrintendenza ai beni architettonici e in genere oggetto di “Dichiarazione dell’interesse culturale”. Per tali edifici, lo scopo dell’intervento è di ricostituirne l’aspetto e la funzionalità, nonché tutti quei tratti distintivi del periodo della sua epoca al fine di riportarlo allo stato in cui è stato realizzato, lasciando inalterate la struttura e le volumetrie interne. In questo caso, la destinazione d’uso può essere variata, a patto che sia in ogni caso compatibile con quella originaria. Il principale discrimine rimane dunque sulla natura dell’organismo su cui intervenire e, se con il risanamento si punta a recuperare l’aspetto funzionale dell’edificio, il restauro è profondamente legato alle radici storiche della costruzione: proprio per questo le attività ammesse possono essere di natura differente.

Più nel dettaglio, i lavori di restauro possono prevedere, per esempio:

- Demolizioni parziali di strutture aggiunte (superfettazioni) o fatiscenti;
- Interventi finalizzati all’utilizzo al pubblico dell’edificio, come per esempio leggeri aumenti di volume e l’eventuale costruzione di impianti elettrici ed idrici, dei sanitari.²²

Le attività di risanamento possono invece orientare i lavori verso:

- Accorpamento di più locali o la divisione in più parti di uno stesso spazio, (nel restauro invece si deve tassativamente rispettare l’impianto distributivo interno dell’edificio);
- Interventi su parti strutturali come muri portanti verticali, scale e solai, senza alterare l’involucro esterno.

Come già dimostrato con l’esempio della sostituzione degli infissi, è chiaro che ci si può trovare facilmente in una serie di situazioni limite, in cui gli interventi in oggetto possono essere categorizzati sia nelle attività di restauro che di risanamento. Un esempio possono essere il ripristino e l’integrazione delle finiture esterne utilizzando ovviamente materiali che non sminuiscano il valore dell’immobile, oppure la ricostruzione di elementi strutturali danneggiati.

Insomma, sia il risanamento che il restauro prevedono il riuso ed il consolidamento dell’opera. È dunque possibile modificarne l’assetto funzionale o la destinazione d’uso, restituire alle strutture portanti la propria efficienza, migliorando ed implementando servizi e sicurezza.²³

Alla luce di quanto descritto finora, la cosa più scorretta da fare risulta pensare di poter categorizzare il tipo di intervento in base alla parte della costruzione interessata. Nella seguente tabella, si mostra proprio come, una medesima parte interessata ai lavori da eseguire, possa dare luogo a situazioni ed organismi completamente differenti. Ciò farà sì che la categorizzazione normativa dell’intervento su un’unità tecnologica risulti fortemente variabile:

²² <https://www.tuscancreative.it/it/risanamento-restauro-conservativo/>

²³ <https://www.tuscancreative.it/it/risanamento-restauro-conservativo/>

| PARTI INTERESSATE | TIPO DI INTERVENTO | CATEGORIZZAZIONE INTERVENTO |
|-------------------|---|--|
| IMPIANTI | REVISIONE PER MANTENIMENTO IN EFFICIENZA | MANUTENZIONE ORDINARIA |
| | AMPLIAMENTO | MANUTENZIONE STRAORDINARIA |
| | INSTALLAZIONE IMPIANTO IDRICO SANITARIO IN EDIFICIO STORICO | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO |
| | RIFACIMENTO | RISTRUTTRAZIONE EDILIZIA |
| SERRAMENTI | SOSTITUZIONE PARI FORMA E MATERIALE | MANUTENZIONE ORDINARIA |
| | SOSTITUZIONE DIVERSA FORMA E MATERIALE | MANUTENZIONE STRAORDINARIA |
| | SOSTITUZIONE CON CONSERGUENTE AUMENTO DI SUPERFICI VIVIBILI | RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA |

Tabella 1 tabella di sintesi di quanto descritto sopra

2.2 Storia della manutenzione edile

Già nel ‘700, il filosofo, medico, matematico e storico Teofilo Gallaccini nel *Trattato sopra gli errori degli architetti* cita:

“[...]così l'Architetto temporale non dee, tosto che è finito qualunque edificio, abbandonarlo, ma bisogna, che gli stia intorno con diligente cura, per conservarlo.”

manifestando di aver già compreso a pieno la necessità di “stare intorno” agli edifici per conservarli. “Stargli intorno” con cura e attenzione, per mantenere inalterate le loro qualità.

Questo di antico regime, ma già ben centrato concetto di manutenzione, prescritto da Gallaccini nel suo scritto del 1767, interessa tutti gli ambiti della nostra realtà: dagli oggetti più semplici a quelli più complessi, ogni cosa necessita di cure e interventi per garantire la massima efficienza il più a lungo possibile. In particolare, gli edifici, in quanto sistemi complessi studiati per rispondere a diverse funzioni, necessitano di una manutenzione continua durante il loro ciclo di vita, per poter garantire una risposta adeguata alle esigenze per cui sono stati pensati e costruiti.

2.1.5 L'evoluzione della costruzione edilizia

Proprio questa definizione “ciclo vita”, risulta cruciale per chiarire il concetto di durata della costruzione: ogni manufatto edilizio rappresenta il “luogo protetto”, come in principio poi con l'avvento dei primi rudimentali strumenti e materiali, ottenuti dalle prime semplici lavorazioni delle materie prime, il riparo divennero le capanne, dapprima in argilla, paglia, canne, foglie, poi

a tenda, palafitte, poste in mezzo all'acqua di laghi o fiumi, noto deterrente per molti nemici. Nei territori in cui scarseggiava la presenza di fiumi e laghi, invece, assistiamo alla nascita delle prime case in pietra: i nuraghi, di cui abbiamo testimonianza nell'entroterra sardo italiano e la cui datazione risale al secondo millennio a.C. La sicurezza era alla base di questa "idea progettuale", tant'è che vennero definite le case-fortezza.

Gli antichi greci, furono i primi ad utilizzare tetti in argilla. Le loro case erano costruite con basamento di pietra, pareti in mattoni a crudo e tetti di tegole di argilla a forma rettangolare.

Gli antichi romani, furono i primi *geotecnici* della storia che per evitare fenomeni lesivi o sprofondamenti della costruzione, "analizzavano" il terreno prima di poggiarvi sopra un pavimento, solidificandolo se lo avessero ritenuto troppo soffice. Nonché inventarono il calcestruzzo, ottenuto dall'indurimento della miscela di un aggregato lapideo, costituito da pietrisco o ghiaia, sabbia ed eventuali additivi, con calce e pozzolana (*opus cementicium*) realizzando le cosiddette *insule*, grandi edifici costruiti con legno, pietre e mattoni, una specie di palazzoni popolari di quattro o cinque piani realizzate in mattoni e calcestruzzo privi di acqua e fogne al cui piano terra collocavano negozi e botteghe artigianali e le *domus* per le famiglie facoltose.

I romani furono anche fra i primi a pianificare quelle che noi oggi chiamiamo infrastrutture: costruirono strade, crocevia e acquedotti, molti dei quali ancora in uso ai giorni nostri.

Nel medioevo, l'esigenza di difendersi, trasforma le case in castelli, mentre col benessere del rinascimento l'abitazione risente della ricerca estetica.

Al rinascimento seguirà lo sfarzo del periodo in cui nascono le regge e palazzi in tutta Europa caratterizzati da decorazioni spesso sfarzose.

Con la rivoluzione industriale, periodo di grandi innovazioni sia tecniche che culturali, la richiesta di alloggi nelle zone urbane crebbe esponenzialmente, poiché i contadini lasciarono le terre per andare a lavorare nelle fabbriche delle grandi città. Nacquero così le prime case operaie, senza servizi igienici, costruite in breve tempo e con un basso costo di realizzo. Successivamente i metodi di costruzione si perfezionano e nascono le prime case popolari nelle nuove periferie, a più piani, con numerosi appartamenti tutti uguali, mentre la borghesia costruisce palazzi tutti allineati nelle vie principali delle città. A inizio secolo scorso, gli appartamenti vengono generalmente dotati di servizi igienici, acqua, elettricità. Con l'era industriale si inizia ad utilizzare il ferro, l'acciaio, il cemento e nuovi materiali sperimentali nelle costruzioni, emergono i temi della standardizzazione e del controllo della durata dei nuovi materiali. Queste, specie nelle grandi città americane, iniziano a svilupparsi in altezza, dando luogo al grattacielo. Il primo grattacielo aveva dieci livelli, e fu realizzato a Chicago nel 1882. Oggi il grattacielo più alto del mondo si trova a Dubai, è stato costruito nel 2009 conta ben 829 metri.²⁴

2.1.6 L'evoluzione della manutenzione edile

Già nel II secolo a.C., nel *De Architectura* di Vitruvio troviamo delle regole riguardanti la responsabilità, nei confronti dei manufatti edili, di garantirne una vita quanto più longeva possibile, prescrivendo indicazioni sulla cura dei materiali, i procedimenti costruttivi e l'opportuna associazione e interazione fra questi.

²⁴ B. Togni Dalla caverna al grattacielo: evoluzione della casa nel tempo, 20 Settembre 2018 (<https://www.suggerimentimmobiliari.it/dalla-caverna-al-grattacielo-evoluzione-della-casa-nel-tempo/>).

Nei trattati rinascimentali, si approda finalmente al concetto che la manutenzione debba essere parte integrante del processo architettonico. Si fa strada un atteggiamento scientifico nei confronti della costruzione, rimandandola all'imprescindibilità di una fase progettuale comprendente un'analisi di tutto ciò che l'edificio comprende.

Nel 1849 Ruskin sosteneva la sostanziale diversità tra l'azione di restauro e quella conservativa: nel primo caso, i materiali vengono portati al termine della loro vita utile, nel secondo è implicita una cura costante degli stessi e delle parti dell'edificio cui questi sono destinati. La cura è, secondo Ruskin, un dovere morale, pensiero di una scottante attualità, poiché oggi, l'indirizzo da seguire è sempre più orientato verso lo sviluppo sostenibile e quindi un minore e più oculato sfruttamento delle risorse. Tale obiettivo può essere ottenuto solo avendo cura costante dei materiali che si utilizzano.

Nel '900, a seguito dell'elevatissima crescita delle costruzioni, sovente con insufficiente qualità, in particolare per l'edilizia popolare, si sente la necessità di mettere ordine, di razionalizzare lo spazio costruito delle città. La cultura dell'abitare del movimento moderno, come nell'utopia della *Ville Contemporaine* di Le Corbusier, rappresenta il modello ideale di città moderna, "città funzionale". Si tratta di una sorta di filosofia dell'urbano, di analisi dello stato di benessere dell'uomo in rapporto agli spazi che lo circondano poiché si attribuisce l'infelicità degli uomini alle città diventate inumane. Le Corbusier sostiene che l'avvento della macchina ha provocato gravi perturbamenti nel comportamento degli uomini, già solo nella loro distribuzione: il male generale si esprime con l'affollamento che spinge al disordine, al caos e nelle campagne all'abbandono di molte terre. L'insieme delle considerazioni di Le Corbusier prendono forma e diventano delle vere e proprie prescrizioni per il progetto con la pubblicazione della Carta di Atene del CIAM (1931). Questo testo, un manifesto capace di esprimere principi e diritti fondamentali, vuole altresì fissare e codificare delle norme generali architettoniche. Enuncia i mezzi per migliorare le condizioni di esistenza nella città moderna, che devono permettere lo svolgere armonioso delle quattro funzioni umane: abitare, lavorare, divertirsi e spostarsi.

Nella parte II della Carta di Atene "Lo stato attuale della città critiche e rimedi", viene messo in evidenza il problema della "*mancanza della manutenzione degli edifici*" che costringe a ricorrere ad interventi restaurativi o alla demolizione, i quali, non sono la soluzione migliore, in quanto maggiormente dispendiosi e causanti uno stato di ulteriore malessere all'intera comunità cittadina.

Con la necessità impellente di ricostruzione a seguito della guerra, la filosofia della progettazione e realizzazione di qualità, ha lasciato sovente il posto alla rapidità esecutiva ad ogni costo, mentre si sono accresciute la scienza manutentiva e del consolidamento strutturale per poter ripristinare gli edifici colpiti dai bombardamenti in maniera meno grave. La città industriale ha quindi spinto l'accelerazione dell'affermarsi del concetto di manutenzione edile per due motivi: sia la ricerca della maggiore efficienza tipica della cultura industriale che la ridotta qualità dell'edilizia.

Man mano si arriva a categorizzare gli edifici nuovi come nuove costruzioni, quelli appartenenti al patrimonio storico e architettonico come oggetti di restauro. Per questi si introduce il concetto di restauro preventivo e manutenzione programmata.

Nel 1956 Cesare Brandi teorizza il concetto del "restauro preventivo" come l'insieme di azioni che consentono di evitare, o almeno di rimandare, interventi di emergenza e urgenza conseguenti a danni ingenti e difficilmente riparabili, tutelando il manufatto, rimuovendo i pericoli e assicurando condizioni favorevoli alla sua trasmissione al futuro.

Quando negli anni '60 si comincia a parlare di Manutenzione edilizia, si fa riferimento al retroterra teorico e culturale della Manutenzione industriale, unico campo di riferimento dal quale si può trarre insegnamento per via dei molteplici punti di contatto tra il manufatto industriale e quello edile. Ci si ispira ai concetti fondamentali della cultura manutentiva, quali Manutenzione preventiva, predittiva, strategie manutentive ecc., finalizzati al miglioramento dell'efficienza e della capacità di previsione e controllo dell'edificio sul quale, fino a quel momento si era intervenuti solo a posteriori, senza alcuna programmazione.

Anche per il manufatto edile si crea l'esigenza di rispondere alle regole della produttività, dell'ottimizzazione e del razioicinio delle risorse, non più rispondente alla logica dell'intervento di riparazione a guasto avvenuto. Si parla di manutenzione preventiva, programmata, e di una programmazione di strategie manutentive, tale da garantire uno stato costante di efficienza e condizioni accettabili in base a standard minimi.

Nell'ambito specifico della conservazione del patrimonio architettonico, nel 1976 Giovanni Urbani apre al tema della "conservazione programmata" rivolgendosi, prima ancora che al singolo bene, alle condizioni dell'ambiente che lo contiene e dal quale provengono alcune possibili cause del suo deterioramento.

"In ogni caso, anche con la migliore delle tecniche, il restauro rimane pur sempre un intervento post factum, cioè capace tutt'al più di riparare un danno, ma non certo d'impedire che si produca né tanto meno di prevenirlo. Perché questo sia possibile occorre che prenda corpo di azione tecnica quel rovesciamento del restauro tradizionale finora postulato solo in sede teorica come "restauro preventivo". Una simile tecnica, alla quale diamo il nome di conservazione programmata, è di necessità rivolta prima che verso singoli beni, verso l'ambiente che li contiene e dal quale provengono tutte le possibili cause del loro deterioramento. Il suo obiettivo è pertanto il controllo di tali cause, per rallentare quanto più possibile la velocità dei processi di deterioramento, intervenendo, in pari tempo e se necessario, con trattamenti manutentivi appropriati ai vari tipi di materiali".²⁵

In parallelo al maturare del tema manutentivo nella conservazione del patrimonio storico, emerge l'attenzione allo sviluppo generale della manutenzione in termini scientifici dal campo industriale a quello delle strutture edilizie e delle infrastrutture.

Negli anni ottanta, la scienza manutentiva è stata al centro di studi e ricerche che hanno condotto ad uno stretto legame tra la cultura manutentiva e le teorie economiche, con riferimento al campo dell'edilizia. In Inghilterra, viene pubblicato *Building maintenance management* di Reginald Lee, testo che è stato essenziale punto di riferimento per il settore della manutenzione delle costruzioni. L'autore porta all'attenzione il concetto di "tecnologia della conservazione delle risorse", intesa, secondo la definizione del Ministero del Commercio e dell'Industria in Gran Bretagna degli anni '70, "come una combinazione di direzione, finanza, ingegneria e altre discipline applicate alle strutture per ottimizzare economicamente il costo del ciclo di vita a esse relativo".

²⁵ Zanardi B., La guerra contro la natura, in *Kermes* 96. La rivista del restauro, Nardini, 2014.

In Italia, nel 1981 Claudio Molinari, proprio sulla base degli studi di Lee, introduce nel contesto della tecnologia relativa all'architettura il termine "manutenzione programmata".

Negli ultimi quarant'anni il tema della manutenzione edilizia sembra aver assunto quella centralità che la complessità progettuale e gestionale degli insediamenti avrebbe da tempo richiesto. A questa rinnovata attenzione si accompagna un'interessante produzione bibliografica che tuttavia ancora registra l'assenza di un corpus disciplinare e operativo consolidato sull'argomento.

Lo stesso Molinari continua le sue riflessioni e ricerche sulla manutenzione programmata in edilizia, fornendo un importante contributo in questa direzione: nel 2002 pubblica *Procedimenti e metodi della manutenzione edilizia* in cui tenta di offrire al lettore una visione organizzata della materia basandosi sul processo di progettazione e gestione di sistemi edilizi complessi. Le sue conoscenze consolidate in altri settori industriali e in altri contesti territoriali dove la tradizione teorico-applicativa della manutenzione è più sviluppata, vengono trasferite con gli opportuni 'filtri' nel settore specifico dei patrimoni immobiliari italiani. Il principale obiettivo è infatti quello di avviare un processo di sistematizzazione teorico-applicativa del quadro di conoscenze inerenti al tema della manutenzione edilizia, la cui programmabilità è solo uno degli aspetti dell'istanza di razionalizzazione che investe l'intera materia, sia sul piano metodologico che su quello operativo. I problemi e le decisioni preliminari che possono influire sulla gestione del prodotto una volta che sia stato realizzato.²⁶

Non è da trascurare, inoltre, come la spinta verso la sostenibilità, anche intesa come uso e abuso del territorio avvenuto con la continua edificazione, abbia recentemente condotto i legislatori a mettere in atto agevolazioni fiscali per la conservazione della qualità degli edifici e delle loro funzionalità, garantita solo attraverso gli interventi manutentivi.

2.3 Il contratto di manutenzione nelle costruzioni

Con l'aumento di impianti e dotazioni tecnologiche nel campo immobiliare, le competenze necessarie per la manutenzione edile sono sempre più complesse e variegate, tanto che, le amministrazioni, spesso non sono abbastanza strutturate e competenti a garantire tutti i servizi e si rende necessario assegnare a fornitori esterni la gestione e controllo dei processi manutentivi.

Gli edifici pubblici gestiti e per lo più fruiti dalle PA, ricercano sempre più spesso assistenza esterna stipulando concessioni e contratti di manutenzione che ricadono nell'ambito della gestione del patrimonio immobiliare. L'assicurazione di un alto livello di efficienza, è garantita e supportata dal rapporto contrattuale con l'appaltatore, che prevede dall'insorgere di richiami, penali o, nei casi di negligenza più grave, la scissione del contratto in caso di insolvenza. D'altro canto però, è necessario mettere a conoscenza l'appaltatore di tutta una serie di informazioni essenziali che gli consentiranno di costruirsi un quadro esatto dell'opera. L'insieme di queste informazioni tecniche e le procedure già in essere nell'edificio pubblico oggetto di appalto sono raccolte in una scheda tecnica di sintesi. Per ottenere un quadro completo all'appaltatore, si renderà necessario inquadrare l'opera e suddividere la sua analisi in quattro punti principali:

1. illustrare le grandi questioni di manutenzione, definizioni e concetti principali, il contenuto tecnico dei servizi e la scelta del modello organizzativo;

²⁶ Molinari C., *Procedimenti e metodi della manutenzione edilizia*, Sistemi Editoriali, Milano, 2002.

2. descrivere le fasi contrattuali dei servizi di manutenzione, i documenti di gara necessari sia per il tecnico responsabile del procedimento che per le imprese;
3. raccogliere tutti gli strumenti in una specifica scheda;
4. descrivere il contenuto delle varie parti: regolamento, procedura di impegno, l'analisi del prezzo, capitolato generale dei prezzi e i termini tecnici specifici cui fare riferimento, compresi gli audit obbligatori degli Edifici della PA (ERP).

Lo scopo di quanto descritto è quello di ottimizzare i costi a favore di una maggiore efficienza del servizio, poiché la gestione (e la manutenzione) degli edifici delle PA, incide notevolmente sul bilancio. L'analisi delle spese sostenute nel ciclo di vita dell'edificio (Life Cycle Costing) mostra come il rapporto tra costi di funzionamento e manutenzione veda circa il 75 % delle spese totali a carico della seconda. Questo porta a promuovere l'approccio di progetto a costo complessivo. Per costo complessivo s'intende l'intero importo dei costi operativi iniziali, differiti (manutenzione, operazioni di manutenzione) e di gestione oltre ai costi iniziali di progettazione, autorizzazione e intervento. L'approccio del costo complessivo consiste nella ricerca dell'ottimizzazione tra il miglior adattamento ai requisiti funzionali e il costo totale minimo durante l'intero ciclo vita dell'edificio.

I budget per la manutenzione annuale, rappresentano generalmente una spesa importante e proporzionale ai servizi e confort offerti dagli edifici, pertanto, le attrezzature in grado di generare queste funzionalità, richiedono una manutenzione adeguata e costosa. La tabella seguente, elaborata in uno studio francese della *Direction Générale de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction* sintetizza la distribuzione dei principali indici e costi di manutenzione e funzionamento (costi operativi), considerando un edificio uso ufficio.

| COSTI D'ESERCIZIO DI UN EDIFICIO USO UFFICIO NEL 1997 | | |
|--|---|--------------------------|
| | COSTI TOTALI HT/MQ UTILE (VALORI MEDI) | TUTTI GLI EDIFICI |
| A | SPESE ANNUALI MANUTENZIONE | € 81,41 (71%) |
| B | LAVORI STRAORDINARI MANUTENZIONE | € 9,91 (09%) |
| C | SERVIZI COMUNI | € 22,26 (20%) |
| TOTALE A+B+C | | € 113,57 (100%) |

Tabella 2 tratta dai dati "GUIDE des CONTRATS de MAINTENANCE des BATIMENTS PUBLICS"-
Direction Générale de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction – Marzo 1999

Nel caso di ospedali o edifici dotati di numerose apparecchiature tecniche sofisticate, i costi di manutenzione ed esercizio, possono raggiungere in meno di dieci anni, il costo dell'investimento iniziale. Quindi a causa della ripetitività delle spese di manutenzione ed esercizio, qualsiasi processo di ottimizzazione rappresenta un grosso problema finanziario.

Poiché qualsiasi proprietario o gestore è interessato alla conservazione del valore del suo patrimonio, la qualità della manutenzione del sistema contribuisce in larga misura a questo aspetto.

La manutenzione è necessaria per mantenere la qualità dei luoghi e le caratteristiche dell'edificio. Nel caso di edifici pubblici, poiché ospitano la maggior parte delle attività di servizi, la qualità dei luoghi è di notevole importanza e non può durare senza una manutenzione regolare. La mancanza o il fallimento della manutenzione possono avere gravi conseguenze sul livello di uso dell'edificio, e sulla sua capacità di continuare a svolgere le funzioni ad esso attribuite. Alcuni

servizi di manutenzione hanno carattere obbligatorio anche per via delle normative sulla sicurezza nei luoghi di lavoro. Un edificio pubblico è un posto di lavoro e un generale luogo di accoglienza del pubblico e per garantire la sicurezza delle persone che lo frequentano.

Ulteriori definizioni e concetti di manutenzione degli edifici provengono principalmente dalla Norma NF 60-010 del Dicembre 1994 - Manutenzione - Concetti e definizioni attività di manutenzione, definita dall'AFNOR (Association Française de Normalization), evoluta nella NF X 60-000 dell'Aprile 2016, *Industrial maintenance - Maintenance function - Maintenance industrielle - Fonction maintenance*, considerata dalla Fédération européenne des sociétés nationales de maintenance (European Federation of National Maintenance Societies ou EFNMS).

La prima norma, relativa alla manutenzione industriale, è facilmente trasponibile alle attività alla manutenzione degli edifici e contiene anche diverse indicazioni utili sui contratti d'appalto di manutenzione:

- la definizione;
- le tipologie;
- i livelli;
- i due tipi di contratti, metodi e risultati.

Si definisce manutenzione di un edificio l'insieme di tutte le attività per mantenere o ripristinare un bene in uno stato o in condizioni di affidabilità, per assolvere alla funzione per cui è stato progettato. Queste attività sono una combinazione di attività tecniche, amministrative e di gestione. Include quindi tutti i servizi collegati alla costruzione che devono essere mantenuti come allo stato della consegna.

La Norma definisce due categorie di manutenzione: preventiva e correttiva. Ogni categoria è suddivisa in differenti tipologie:

Manutenzione preventiva

Questa tipologia di manutenzione ha come oggetto di ridurre la probabilità di guasto o degrado di un bene o servizio e le attività corrispondenti sono attivate secondo:

- un programma stabilito da un numero predeterminato di interventi
- - e/o criteri predeterminati significativi dello stato di degrado del bene o del servizio.

La manutenzione preventiva si articola in:

- Manutenzione sistematica: È una manutenzione preventiva effettuata secondo un calendario stabilito a partire da un numero prestabilito di interventi.
- Manutenzione condizionata: È una manutenzione preventiva subordinata al superamento di una soglia predefinita di degrado.
- Manutenzione preventiva: Impropiamente detta “manutenzione predittiva”, è una manutenzione preventiva soggetta all'analisi dell'evoluzione di alcuni parametri significativi di degrado, permettendo di ritardare gli interventi programmati e di pianificarli al momento opportuno, prima che il degrado porti al guasto.
- Manutenzione correttiva. Tutte le attività svolte dopo il malfunzionamento o la rottura di un bene o il degrado della sua funzione, per consentire di svolgere la funzione richiesta almeno temporaneamente. Essa comprende:
 - L'individuazione del guasto e la sua diagnosi;
 - La rimessa in funzione con o senza modifiche;
 - Il controllo del corretto funzionamento.

La manutenzione correttiva può essere:

- Manutenzione palliativa: È una manutenzione correttiva principalmente costituita da azioni provvisorie, alle quali far seguire azioni curative, destinate a consentire di completare provvisoriamente tutto o parte di un'azione richiesta.
- Manutenzione curativa: È una manutenzione correttiva mirata a ripristinare la proprietà a una condizione specificata o consentirla per eseguire una funzione richiesta. Il risultato dell'attività ha carattere permanente e consiste in: riparazioni, modifiche o miglioramenti aventi come oggetto di rimuovere i guasti.

La Norma proponeva una classificazione della manutenzione industriale in 5 livelli. Nel campo delle costruzioni, la trasposizione è particolarmente pertinente quando si parla degli impianti e delle attrezzature tecniche in generale. Qui di seguito è riprodotta la classificazione di manutenzione da J. Perret nella sua *Guida alla manutenzione degli edifici*. Questa classificazione si basa sulla norma AFNOR e amplia i livelli di intervento rispetto all'approccio italiano.

- 1° livello: Semplici impostazioni fornite dal produttore, utilizzando parti accessibili senza smontaggio o l'apertura dell'apparecchiature o cambio di pezzi in sicurezza.
- 2° livello: Risoluzione dei problemi mediante operazioni minori di manutenzione preventiva (ad esempio il controllo del funzionamento).
- 3° livello: Piccole riparazioni, interventi di manutenzione ordinaria preventiva (regolazione, riallineamento, dispositivi di misurazione). Identificazione, diagnosi e risoluzione dei guasti.
- 4° livello: Importanti lavori di manutenzione correttiva e preventiva, fatta eccezione per la ristrutturazione e ricostruzione.
- 5° livello: La riparazione, la ricostruzione o l'esecuzione di riparazioni importanti.

La nuova norma NF X 60-000 (aprile 2016) ridefinisce e specifica i dettagli applicativi dei cinque "livelli di manutenzione" come segue:

- 1° livello:
Lavori: Semplici adattamenti - nessuno smantellamento o apertura della proprietà
Luogo: sul posto;
Personale: operatore della proprietà;
esempio: Reset di un PLC dopo l'arresto di emergenza, cambio di materiale di consumo;
- 2° livello:
Lavori: Riparazioni con sostituzioni standard: operazioni minori di manutenzione preventiva;
Luogo: sul posto;
Personale: tecnico qualificato
esempio: sostituzione di relè, controllo fusibili, ecc.
- 3° livello:
Lavori: Identificazione e diagnosi dei guasti, riparazione mediante sostituzione standard, piccole riparazioni meccaniche, interventi di manutenzione preventiva (ad es. regolazione o riallineamento dei dispositivi di misurazione);
Luogo: sul posto o in un'officina di manutenzione;
Personale: tecnico specializzato;

esempio: identificazione dell'elemento difettoso, ricerca della causa, eliminazione della causa, sostituzione;

– 4° livello:

Lavori: Importanti lavori di manutenzione correttiva o preventiva ad eccezione di lavori di ristrutturazione e ricostruzione - adeguamento dei dispositivi di misurazione - controllo delle norme

Luogo: officina specializzata con strumenti generali, banchi di misurazione, documentazione

Personale: team con supervisione tecnica specializzata

esempio: intervento su apparecchiature il cui rientro in servizio è soggetto a qualificazione

– 5° livello:

Lavori: Ristrutturazione - ricostruzione - grandi riparazioni

Luogo: costruttore o ricostruttore

Personale: personale di produzione;

esempio: conformità alle normative sulle attrezzature pesanti.

Gli Obiettivi fissati nell'appalto di servizi manutentivi per la società esterna incaricata per i servizi di manutenzione possono essere di due tipi, obbligo di mezzi o obbligo di risultati. L'AFNOR (Association Française de Normalization) li definisce come segue:

- Contratto di Mezzi: Contratto con il quale un imprenditore si impegna a mettere a disposizione un mezzo di proprietà dell'impresa ritenuto necessario per raggiungere una prestazione. I mezzi possono essere:
 - ◆ Immateriali (software, ecc.)
 - ◆ Attrezzature (utensili, materiali di consumo, ecc.)
 - ◆ Umano (nei casi consentiti dalla legislazione vigente).

Il cliente deve fornire la prova dello svolgimento dei suoi servizi.

- Contratto di prestazioni: Contratto con il quale un imprenditore si impegna ad eseguire un servizio definito da uno o più obiettivi quantificabili, in termini di livello di prestazioni. Deve fornire la prova del raggiungimento di questi obiettivi alle condizioni stabilite nel contratto. Le condizioni possono essere:
 - ◆ Una scadenza temporale per il conseguimento del lavoro;
 - ◆ La disponibilità di una merce, o la sicurezza o il raggiungimento dei livelli prestazionali richiesti;
 - ◆ Il rispetto dei limiti di costi, ecc.

Il fornitore è ritenuto responsabile in caso di difformità riscontrate nell'esecuzione dei servizi. Le prove possono essere fornite da misurazioni o calcoli effettuati di comune accordo tra le due parti secondo le procedure previste dal contratto.

Quando si realizza un edificio, si parla di costi di costruzione e di esercizio. Con questa definizione si intendono le spese e interventi destinati a "far funzionare" l'edificio per l'uso assegnato ad esso. Il limite è spesso non chiaro tra queste spese e interventi e quelli specifici per garantire l'attività dell'occupante, come ad esempio i servizi di sicurezza e/o di vigilanza e le pulizie.

Il termine *"spese operative"* indica tutte le spese direttamente connesse all'edificio: pulizia, forniture degli impianti o *utilities* (acqua, elettricità, gas, ecc.), contratti di manutenzione, sicurezza e vigilanza.

Installazione - manutenzione delle attrezzature tecniche indica gli interventi previsti per gestire attrezzature tecniche per l'edilizia, principalmente impianti termici; si tratta diversi interventi di guida, monitoraggio, controllo e manutenzione.

Servizi come la pulizia dei locali e sorveglianza / sicurezza sono collegati all'edificio ma non sono manutenzione. Tuttavia rappresentano una voce di spesa importante e sono gestiti al pari di essa, nell'ambito del facility management.

Di seguito una tabella riepilogativa dei differenti tipi e livelli di manutenzione da definire.

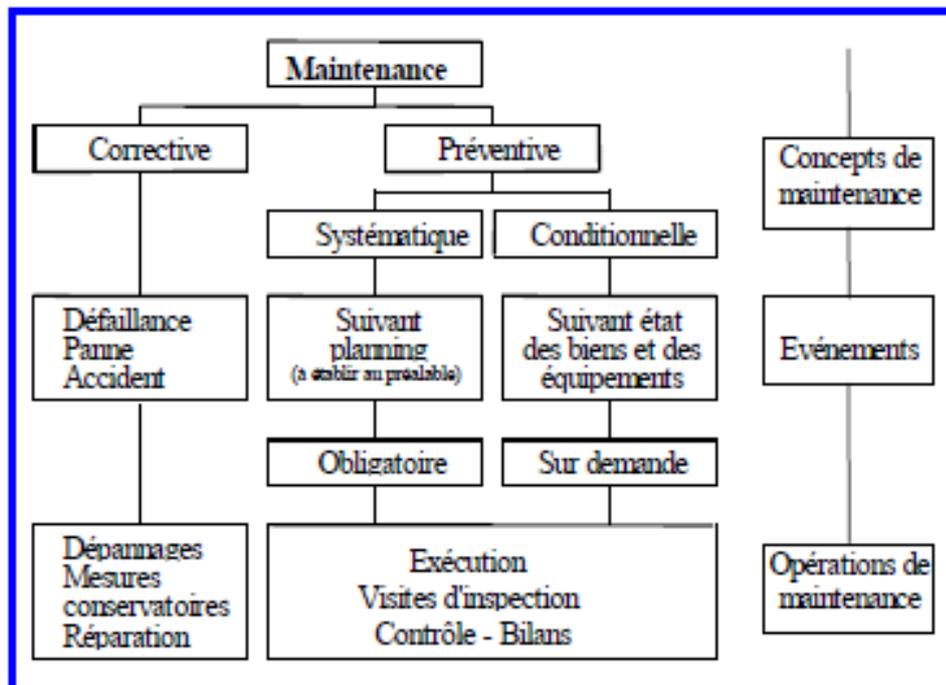


Diagramma tratto dalla *GUIDE des CONTRATS de MAINTENANCE des BATIMENTS PUBLICS* -
Direction Générale de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction – Marzo 1999

Gli interventi di manutenzione sono accordati da fornitori e produttori, nella documentazione tecnica. Tutti questi consigli compaiono nel dossier di utilizzo, funzionamento e manutenzione (DUEM), stabilito a partire dal dossier delle opere eseguite (DOE). La tabella seguente riassume per alcune tipologie di componenti, i principali servizi di manutenzione da attuare e la periodicità proposta. Alcuni di questi interventi sono obbligatori, fundamentalmente ai sensi delle norme sulla salute e sicurezza sui luoghi di lavoro di ciascun paese.

Con gli anni, il concetto di manutenzione è mutato dalla concezione di “lavoro”, ossia come mera attività esecutiva a “servizio”, che intende considerare non solo le attività esecutive ma informative, programmatiche, organizzative, ispettive e di controllo relative alla gestione del bene.

| securite des personnes et au code du travail.

| Constituants | Prestations | périodicité | caractère obligatoire |
|------------------------------------|--|---|---------------------------------|
| Clos - couvert - structures | | | |
| couvertures | <ul style="list-style-type: none"> nettoyage, démoussage examen visuel de la charpente traitement préventif des bois de charpente | selon type 10 ans | |
| façades | selon type <ul style="list-style-type: none"> ravalement nettoyage | 10 ans tous les ans | x parfois (arrêté municipal) |
| ouvertures | <ul style="list-style-type: none"> peinture des menuiseries bois lavage des menuiseries PVC, aluminium et acier | 7 ans 3 ans | |
| structures | sans objet | | |
| Equipements techniques | | | |
| chauffage - ventilation | <ul style="list-style-type: none"> vérification, nettoyage, réglage, étalonnage | préconisations constructeur | x |
| plomberie - sanitaire | <ul style="list-style-type: none"> vérifications de fonctionnement vérifications d'absence de fuites | 6 mois | |
| électricité | <ul style="list-style-type: none"> visite de conformité | 1 an | x |
| téléphonie - courants faibles | <ul style="list-style-type: none"> entretien | préconisations constructeur | |
| équipements de sécurité | <ul style="list-style-type: none"> contrôles, nettoyage reconditionnement des détecteurs | préconisations constr. 6 mois 4 ans | x |
| appareils élévateurs | <ul style="list-style-type: none"> entretien | 1 mois au minimum | x |
| Aménagements intérieurs | | | |
| cloisonnements - faux plafonds | néant | | |
| revêtements de sol | <ul style="list-style-type: none"> contrôles et réparations | selon usages | |
| ouvertures | <ul style="list-style-type: none"> contrôle et révision de la serrurerie, réparations | selon usages | |
| Aménagements extérieurs | | | |
| Voiries | <ul style="list-style-type: none"> vérification de la bonne tenue des revêtements | selon usages | |
| réseaux divers | <ul style="list-style-type: none"> contrôles, curages | 1 an | |
| clôtures, portails | <ul style="list-style-type: none"> contrôle et révision de la serrurerie, réparations | selon usages | |

Tabella tratta dalla GUIDE des CONTRATS de MAINTENANCE des BATIMENTS PUBLICS” - Direction Générale de l’Urbanisme, de l’Habitat et de la Construction – Marzo 1999

L’affidatario del “servizio di manutenzione”, che organizza operativamente ed esegue l’intervento, deve operare conformemente agli obiettivi generali delle politiche di manutenzione, che ne indirizzano le scelte di ordine tecnico. Al fine di operare secondo criteri di efficienza e di efficacia, occorre:

- definire il livello di conoscenza necessario del sistema tecnologico ed ambientale e delle condizioni di conservazione degli edifici

- delineare i criteri e le procedure del sistema informativo per selezionare, raccogliere e registrazione i dati informativi e prescrittivi
- decidere la qualità dell'edificio da raggiungere e mantenere nel tempo di affidamento
- definire contrattualmente il contenuto delle istruzioni e delle procedure da eseguire
- definire e garantire il rispetto degli standards di qualità del servizio nell'esecuzione delle attività.²⁷

2.3.1 Criteri per la valutazione dell'esternalizzazione della manutenzione

Le amministrazioni pubbliche hanno in specifici casi un team interno per la manutenzione ordinaria, nella forma di affidamento definita come *house keeping*. A seconda del caso, questa squadra è più o meno importante e strutturata, l'opportunità economica della scelta manutentiva dipende dalla frequenza e intensità degli interventi. Di solito è necessario l'innesto di fornitori di servizi esterni per completare gli interventi di questa squadra, almeno per parte della manutenzione comune, quella a più alta specializzazione. Quando il team di manutenzione è ridotto o addirittura inesistente, il cliente deve esternalizzare tutte le prestazioni. Si pone quindi la questione di affidarsi a diversi specialisti o uno solo. Alcuni fornitori di servizi di manutenzione si sono attrezzati per porsi sul mercato come ditte Multitecniche e Multiservizi, integrando l'offerta di attività e prestazioni, in termini definibili di *global service*:

Multitecniche (funzionamento tecnico e manutenzione) include servizi come manutenzione, riparazione lavori strutturali e di finitura di edifici, aria condizionata, riscaldamento, aria compressa, GTC (gestione tecnica centralizzata).

Multiservizi (gestione delle strutture e facilities) si aggiunge alle multitecniche, servizi di centralino, posta, telecomunicazioni, archiviazione, gestione, sicurezza, pulizia, manutenzione di spazi verdi e talvolta manutenzione informatica. Ogni modalità di organizzazione della manutenzione, a partire dagli studi degli anni '90, si distingue in internamente o esternamente, ogni forma ha i suoi vantaggi e vincoli che sono riassunti nella tabella a fianco.

²⁷ Bertolini C., Maspoli R., Progettare la manutenzione del patrimonio industriale – Processi e metodi della manutenzione del recupero edilizio – I significati di “Manutenzione” in Master E-MOTION. Modulo 5, Giugno 2005.

| Avantages | Contraintes |
|---|--|
| Maintenance effectuée par du personnel interne : | |
| <ul style="list-style-type: none"> • maîtrise de tout ce qui concerne l'exploitation • maintien de la connaissance des constituants du bâtiment • maintien d'un savoir - faire interne | <ul style="list-style-type: none"> • mise en place d'une structure adaptée et de personnels spécialisés compétents • formation permanente du personnel • gestion du personnel (absences, congés, départs) |
| Maintenance effectuée par plusieurs prestataires privés | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Obligations de moyens et de résultats contractualisées • allègement des tâches internes | <ul style="list-style-type: none"> • mise en place d'une structure de contrôle performante • gestion de plusieurs contrats • perte de la maîtrise de gestion des installations |
| Maintenance effectuée par un seul prestataire privé | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Obligations de moyens et de résultats contractualisées • allègement des tâches internes • un seul interlocuteur, un seul contrat : simplification des rapports avec la société extérieure | <ul style="list-style-type: none"> • mise en place d'une structure de contrôle performante • moindre connaissance de l'état global du patrimoine |

Tabella tratta da "GUIDE des CONTRATS de MAINTENANCE des BATIMENTS PUBLICS"- Direction Générale de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction – Marzo 1999"

In pratica, la struttura dell'organizzazione di manutenzione sarà definita dall'analisi dei mezzi di padronanza e la sua politica di manutenzione. I criteri di selezione, in questo primo approccio tecnico-scientifico alla manutenzione edilizia, sono i seguenti:

- tecnicità dell'attrezzatura,
- numero e competenza del personale,
- grande scorta di attrezzatura necessaria,
- facilità di misurazione e monitoraggio dei risultati.²⁸

A causa della carenza di mezzi e professionalità interne e /o al contenimento dei costi, uno strumento sempre più ricorrente tra le aziende e le PA è l'outsourcing, ossia l'affidamento a soggetti esterni per eseguire o gestire attività, funzioni e servizi nel campo dei patrimoni immobiliari civili. Si tratta di un'evoluzione del facility management, una sorta di integrazione tra manutenzione e facilities, incentivata, in Italia, anche dalla promozione del miglioramento dell'efficienza gestionale contenuto nella legge finanziaria 2002 (legge 28 dicembre 2001 n. 448) atta ad invertire la tendenza e le diseconomie prodotte nei decenni passati a causa di una cultura della gestione patrimoniale basata unicamente sulla rendita posizionale degli immobili, senza alcuna ricerca di produttività. Il nuovo trend è la valorizzazione attiva dei patrimoni, sia finalizzata alla riduzione dei costi di mantenimento, ma soprattutto finalizzata all'aumento dell'efficienza nell'uso e all'allargamento dell'offerta sul mercato.

La scelta di esternalizzazione del servizio di manutenzione, si deve incentrare, a priori, su analisi di costi-benefici redatte sulla base di dati storici, e su fasi di controllo e verifica del processo in cui degli indicatori in grado di misurare il miglioramento della qualità, mostrino l'efficacia della scelta nel breve e lungo termine. *Le Linee guida per la gestione dei processi - Progetto di norma*

²⁸ Direction Générale de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction, Guide des contrats de maintenance des batiments publics. Certu Ministère de l'équipement, des transports et du logement, Mars 1999.

UNI Global Service per la manutenzione dei patrimoni immobiliari, stila un “Documento di Indirizzo Preliminare” che contiene una metodologia analitico-valutativa di confronto dei suddetti indicatori che potrebbe rendere più oggettiva la lettura dei dati e quindi il risultato della scelta. Il presupposto di tali valutazioni è che avviare un contratto di outsourcing non è un’operazione priva di spese per il committente, in quanto dovrà ridefinire i ruoli e l’organizzazione dei dipendenti in modo da avere una figura manageriale di riferimento in grado di programmare e monitorare l’attività esterna, colloquiare con gli attori esterni nonché sviluppare strategie di azione, obiettivi, performance e procedure di controllo. Solo con una concertazione e cooperazione costante è possibile ottenere vantaggi tecnici ed economici.

Secondo il D.lgs 50/2016, Codice dei contratti pubblici, le forme contrattuali di outsourcing in Italia, sono:

- “global service”, in cui l’appaltatore ha un’obbligazione di risultato e l’appaltante un’obbligazione pecuniaria;
- contratti collegati, in cui al contratto di outsourcing sono collegati contratti di fornitura o altri contratti di servizio nella forma dell’appalto o della prestazione d’opera professionale, per cui le clausole del collegamento possono determinare effetti giuridici con il rischio della nullità;
- contratto misto o “contratto atipico”, sull’esempio del diritto anglosassone e di quello comunitario in particolare, quando fa ricorso al tipo “prevalente”, in presenza di elementi tipici di vari contratti. Nel caso, ad esempio, dove non si riscontri mera “accessorialità” dei lavori rispetto ai servizi esiste un campo di discrezionalità su quale forma di appalto debba essere “prevalente”. In prospettiva il riferimento è, oltre alla teoria dell’“assorbimento”, per cui l’oggetto prevalente d’appalto assorbe gli altri, alla teoria della “combinazione”, per cui ciascuno degli oggetti d’appalto presenti mantiene in parte la propria normativa. Le forme di “contratto misto” risultano più facilmente ammissibili quando in ogni modo sia superata la soglia comunitaria e siano in pratica comuni le forme di pubblicizzazione (sia nel caso di lavori che di servizio e di fornitura). In questa prospettiva si evidenziano altre due forme contrattuali.
 - Joint venture bilaterali o plurilaterali e partnership, caratterizzate da ripartizione dei rischi e delle responsabilità, con interessamento economico ai risultati e adozione di forme di assicurazione della qualità. In generale si caratterizzano per l’impegno di lunga durata, di tipo pluriennale tale da giustificare l’acquisizione di nuovi strumenti e la riorganizzazione-ampliamento della struttura interessata; la formulazione comune degli obiettivi e previsione delle forme di correlazione strategica e operativa fra i contraenti; la garanzia alla trasparenza delle informazioni, con un sistema di “reporting” in continuo fra le parti.
 - “Appalto aperto” che ha l’obiettivo di raggiungere rapporti di cooperazione e di partenariato con l’impresa, con il coinvolgimento della stessa nei processi di pianificazione e di programmazione.²⁹

2.3.2 La contrattualizzazione negli appalti pubblici

L’attuale codice degli appalti D.lgs 50/2016 tratta i contratti di manutenzione nella categoria dei contratti di servizi, ma nella disciplina delle gare d’appalto pubblico, seguono disciplina analoga ai contratti per lavori. La differenza sostanziale è che i contratti di manutenzione prevedono generalmente durate pluriennali e l’importo di gara si riferisce all’intero periodo

²⁹ Presidenza del Consiglio dei Ministri, Guida pratica per i contratti di servizi e forniture, 2011.

contrattuale. Delle soglie economiche, stabiliscono o meno la necessità dell'avvio di una procedura di gara. L'art. 35 "Soglie di rilevanza comunitaria e metodi di calcolo del valore stimato degli appalti" del Codice degli Appalti con i successivi aggiornamenti, stabilisce gli importi delle soglie di rilevanza comunitaria dei contratti come segue:

SETTORI ORDINARI

euro 5.350.000 per gli appalti pubblici di lavori e per le concessioni;

euro 139.000 per gli appalti pubblici di forniture, di servizi e per i concorsi pubblici di progettazione aggiudicati dalle amministrazioni aggiudicatrici che sono autorità governative centrali indicate nell'allegato III; se gli appalti pubblici di forniture sono aggiudicati da amministrazioni aggiudicatrici operanti nel settore della difesa, la soglia si applica soltanto agli appalti concernenti i prodotti menzionati nell'allegato VIII;

euro 214.000 per gli appalti pubblici di forniture, di servizi e per i concorsi pubblici di progettazione aggiudicati da amministrazioni aggiudicatrici sub-centrali; la soglia si applica anche agli appalti pubblici di forniture aggiudicati dalle autorità governative centrali che operano nel settore della difesa, allorché tali appalti concernono prodotti non menzionati nell'allegato VIII;

euro 750.000 per gli appalti di servizi sociali e di altri servizi specifici elencati all'allegato IX.

SETTORI SPECIALI

euro 5.350.000 per gli appalti di lavori;

euro 428.000 per gli appalti di forniture, di servizi e per i concorsi pubblici di progettazione;

euro 1.000.000 per i contratti di servizi, per i servizi sociali e altri servizi specifici elencati all'allegato IX.

Per partecipare ad una gara d'appalto pubblico, l'impresa deve possedere i requisiti sia di carattere generale, che di carattere tecnico professionale ed economico-finanziario. Nello specifico i requisiti di carattere generale indicano l'affidabilità morale e professionale del concorrente come per esempio il non aver riportato condanne penali e avere il DURC (Documento Unico di Regolarità Contributiva) in regola. La loro mancanza è sempre causa di esclusione dalla gara. I requisiti di ordine speciale concernono, invece, la concreta esperienza e capacità professionale del concorrente a svolgere l'appalto, sul piano sia economico che tecnico.

È previsto un apposito sistema di qualificazione per le aziende sulla base delle norme UNI EN ISO 9000 e uno vincolante articolato in base alle categorie di opere generali e specializzate che le aziende sono abilitate a svolgere ed all'importo dei lavori (in funzione dell'attestazione SOA).

Le imprese che singolarmente non dispongono dei requisiti speciali di qualificazione prescritti dal bando di gara possono partecipare alla gara attraverso l'istituto del Raggruppamento Temporaneo d'Imprese (RTI). Tale istituto permette l'articolazione temporanea di più competenze nella prospettiva multiservices, come nel caso di manutenzione e facility management.

A seguito dell'aggiudicazione del migliore offerente da parte della stazione appaltante, si esegue un'aggiudicazione provvisoria della gara, provvisoria perché la stazione appaltante deve prima verificare che l'appaltatore abbia realmente i requisiti appena descritti come da sua dichiarazione nella domanda di partecipazione come richiesto dall'art. 11 comma 5 del Codice. Solo ad esito positivo di tale verifica si passa all'aggiudicazione definitiva e alla conseguente stipula del contratto. L'aggiudicazione definitiva si ha con l'atto di approvazione dell'aggiudicazione provvisoria che, per espressa previsione dell'art. 12, comma 1, del Codice, deve avvenire nel rispetto dei termini previsti dai singoli ordinamenti, decorrenti dal ricevimento dell'aggiudicazione provvisoria da parte dell'organo competente, ossia di regola il dirigente della stazione appaltante che ha avviato la procedura. La norma in esame prevede peraltro l'applicazione di una fattispecie di silenzio assenso, posto che decorsi i termini previsti dai singoli ordinamenti o, in mancanza, quello di trenta giorni, l'aggiudicazione si intende approvata. L'art. 11, comma 9, del Codice prevede che la stazione appaltante sia tenuta alla sottoscrizione del contratto con il soggetto risultato aggiudicatario dell'appalto entro sessanta giorni decorrenti dall'efficacia dell'aggiudicazione definitiva, ovvero entro un diverso termine previsto nei documenti di gara o appositamente concordato con l'aggiudicatario.

Il contratto di servizi o forniture disciplina il rapporto obbligatorio tra la stazione appaltante e l'aggiudicatario, esso segue la struttura dello schema di contratto predisposto e reso noto dalla stazione appaltante all'atto dell'avvio della gara. Nell'appalto pubblico, tale struttura viene peraltro successivamente integrata dai seguenti elementi:

- il protocollo riportante il numero di repertorio e la data di stipulazione;
- il luogo della stipulazione;
- l'oggetto del contratto;
- l'operatore economico aggiudicatario e in caso di raggruppamento temporaneo di imprese la suddivisione delle quote di esecuzione;
- la premessa che ripercorre le fasi di aggiudicazione;
- le parti stipulanti, con i riferimenti espressi alla titolarità del potere di stipula, e gli eventuali testimoni presenzianti;
- il valore complessivo del contratto, al netto dell'imposta sul valore aggiunto, e successivamente suddiviso in (eventuali) oneri della sicurezza e costo del lavoro;
- le prestazioni subappaltate, se note, e i limiti percentuali;
- l'importo della cauzione definitiva e l'indicazione del soggetto garante;
- il conto corrente indicato dall'operatore economico per il pagamento dell'importo previsto;
- il domicilio eletto dall'operatore economico per la ricezione delle comunicazioni da parte della stazione appaltante.

L'art. 113 del Codice disciplina le forme e la modalità di costituzione del deposito cauzionale a garanzia degli obblighi contrattuali, la cui funzione principale è quella di coprire gli oneri per il mancato o inesatto adempimento delle prestazioni da parte dell'appaltatore.

2.3.3 Documenti relativi alla contrattualizzazione

Nel contratto pubblico, il processo si formalizza poi attraverso i seguenti documenti contrattuali.

- il decreto di aggiudicazione definitiva, completo del verbale attestante la verifica effettuata sui requisiti di capacità economico-finanziaria e tecnico-organizzativa previsti dal bando di gara;
- la comunicazione di aggiudicazione dell'appalto;
- l'offerta dell'operatore economico aggiudicatario unitamente alle offerte degli altri concorrenti;
- l'eventuale atto di raggruppamento temporaneo di imprese;
- la cauzione definitiva prestata a garanzia degli obblighi contrattuali;
- il certificato della Camera di Commercio, provvisto del nulla osta antimafia se previsto;
- l'eventuale procura utilizzata dall'operatore economico per la sottoscrizione dell'atto negoziale;
- l'informazione antimafia rilasciata dalla Prefettura competente;
- il certificato del Tribunale fallimentare attestante che l'operatore economico non ha in corso procedure di fallimento o concorsuali in atto;
- il certificato del Casellario giudiziario attestante che i soggetti previsti dall'art. 38, comma 1, lett. c), non hanno subito condanne passate in giudicato;
- la dichiarazione relativa dell'operatore economico sugli estremi del conto corrente dedicato;
- il documento di regolarità contributiva dell'operatore economico.
- una comunicazione di disponibilità dei fondi sul capitolo di bilancio previsto quale necessaria copertura finanziaria per il pagamento della fornitura o del servizio.³⁰

2.4 I sistemi informativi nella manutenzione delle costruzioni³¹

Dato il crescente controllo telematico degli impianti tecnologici, la raccolta dei dati, la loro elaborazione, deve essere sempre più accessibile e soprattutto, tale accessibilità deve essere diversificata a seconda dei ruoli di amministrazione (per il controllo economico) o di controllo (per le diagnosi). Ciò sta rendendo l'ingegneria di sistema un settore sempre più importante. I sistemi assumono forme sempre più complesse per soddisfare le richieste di tutti gli utenti. Un sistema di controllo del patrimonio immobiliare dello Stato, dovrà, ad esempio documentare anche la valenza culturale del bene: il valore storico, artistico-architettonico- paesaggistico.

2.4.1 L'organizzazione delle informazioni nella gestione del processo edilizio

Il processo edilizio, muove una mole di dati complessa, dati che, se fini a sé stessi, privi di opportuna classificazione e codifica, non comportano alcun beneficio di conoscenza. È così che i dati diventano banche dati, ossia informazioni confrontabili, raggruppate ed elaborate.

La classificazione deve permettere di identificare, di ordinare e di gestire in modo integrato i dati, i documenti e le procedure relativi all'offerta commerciale dei prodotti, alle specifiche tecniche capitolari e ai controlli di qualità, alle modalità di esecuzione delle attività, alla computazione e alla rendicontazione, alle analisi dei costi e di gestione, alle analisi tecnologico-diagnostiche, alla programmazione operativa, alla pianificazione della manutenzione e della

³⁰ Presidenza del Consiglio dei Ministri, Guida pratica per i contratti di servizi e forniture, 2011.

³¹ Maspoli R., I sistemi informativi per la manutenzione, in *Manutenzione e gestione sostenibile dell'ambiente urbano*. Quaderno del Laboratorio QSM, Ladiana D., Alinea, 2007

conduzione. Deve altresì consentire il confronto, in chiave tecnologica ed economica, degli esiti degli interventi e per il raggiungimento di una maggior trasparenza e confrontabilità dei documenti contrattuali. Per assolvere a questa serie di compiti, i dati non devono solo essere alfanumerici, ma archivi documentali sia passivi (mera conservazione del documento) che attivi, ossia contenenti dati implementabili.

Insomma, deve trattarsi di un Sistema Informativo. I Sistemi informativi per la gestione della Manutenzione del patrimonio immobiliare (SIGEM), sono insieme di dati per archiviare, elaborare e aggiornare le informazioni necessarie per dar luogo a tutti i processi di amministrazione e manutenzione. La Norma che ne traccia le linee guida è la UNI 10951:2001, Sistemi informativi per la gestione della manutenzione dei patrimoni immobiliari - Linee guida, e li descrive come un supporto decisionale ed operativo, assumendo pertanto un'accezione molto più interattiva, con finalità strategiche della materia manutentiva.

Tale sviluppo di ricerca operativa e normativa è coerente all'approccio già delineato nelle linee francesi della *Guide des contrats de maintenance des batiments publics* e prospettato per la normazione della Comunità Europea.

La disciplina per creare, popolare e gestire un sistema informativo efficiente è coerente al Maintenance management e studia:

- “• *il delineamento dell'architettura del sistema informativo e dei modi di comunicazione fra i diversi attori;*
 - *la predisposizione dei quadri anagrafici generali e diagnostici;*
 - *la preparazione delle procedure per pianificare e programmare;*
 - *la scelta delle strategie manutentive (preventiva, predittiva, casuale, a guasto, di opportunità);*
 - *la stesura delle istruzioni operative per l'esecuzione delle ispezioni e dei lavori;*
 - *l'organizzazione operativa degli interventi (richieste, autorizzazioni ed ordini, esiti e rapporti);*
 - *la definizione delle forme di controllo dei tempi esecutivi;*
 - *l'elaborazione di forme essenziali di controllo di gestione interno ed esterno;*
 - *la previsione delle procedure di controllo di qualità della commessa.*
- La funzione programmazione operativa è riferita a:*
- *la previsione a breve termine delle date di esecuzione;*
 - *la selezione degli esecutori e la valutazione del carico di lavoro;*
 - *la definizione della successione delle attività.*
- La funzione esecuzione comprende:*
- *l'organizzazione delle squadre di intervento;*
 - *l'approvvigionamento dei materiali e delle attrezzature necessarie (prelievo da magazzino, consegna forniture esterne, produzione just-in-time);*
 - *l'esecuzione delle attività;*
 - *la registrazione e il controllo delle esecuzioni e dei tempi di esecuzione;*
 - *il controllo del processo esecutivo, il controllo di qualità, il collaudo. [...]*³²

Un'analisi diagnostica ed elaborativa delle informazioni raccolte dal sistema informativo, consente una durabilità maggiore degli elementi della costruzione come conseguenza anche di un minor degrado, poiché permette di ridurre i guasti accidentali grazie ad una opportuna

³² Maspoli R., I sistemi informativi per la manutenzione, in *Manutenzione e gestione sostenibile dell'ambiente urbano*. Quaderno del Laboratorio QSM, Ladiana D., Alinea, 2007.

calendarizzazione degli interventi manutentivi. Ne consegue una maggiore soddisfazione dell'utente.

Mentre il semplice manutentore acquisisce i dati parametrici dal sistema informativo al fine di confrontarli con quelli "ottimali" ed intervenire all'occorrenza, la scelta di quali valori siano considerati "ottimali" - ossia i valori di benchmarking - sta alle figure apicali del processo, che stabiliscono le strategie, gli obiettivi ed i risultati attesi. Anche questo lavoro è in continua evoluzione, poiché finalizzato ad un continuo miglioramento, ad una pianificazione sempre più efficiente e, simultaneamente, alla massimizzazione della riduzione del costo del servizio.

È chiaro, però, che nel caso di un organismo edilizio in esercizio, un sistema di questo tipo non si possa mettere in piedi con immediatezza. Si partirà dalla fase progettuale, una sorta di stato dei luoghi in cui vengono sentiti tutti gli attori/utilizzatori coinvolti ai diversi livelli per poter tracciare un chiaro profilo delle esigenze della committenza; seguirà l'ingegnerizzazione, ossia la creazione della struttura gestionale, nonché la predisposizione delle potenziali espansioni future; il popolamento con le banca dati, inserendo i dati in input iniziando con un'anagrafica patrimoniale, scendendo via via nel dettaglio fino alla parametrizzazione degli impianti. Ciò significa, che da quando il servizio viene assegnato, l'operatività del sistema non potrà essere immediata poiché tali operazioni preliminari sono imprescindibili e, nondimeno, la conseguente scelta della strategia gestionale.

Nella prospettiva di analisi pre-contrattuali e a regime, i campi in cui si articola il sistema informativo sono definiti ampiamente, a livello nazionale, dalla norma UNI 10951 in Anagrafi (funzionale, tecnica, amministrativa), Archivi (di gestione, di supporto, esterni) e Procedure gestionali e manutentive.

Anagrafe identificativa

Si tratta della rilevazione dimensionale a partire dall'orientamento delle facciate, descrivendo, in ordine gerarchico gli ambienti (fino a determinarne superfici, volumi, altezze) e/o della raccolta di dati parametrici già disponibili (superfici nette e lorde, superfici pulibili, volumi lordi e netti, volumi riscaldabili) e della localizzazione degli immobili del patrimonio attraverso il sistema catastale o attraverso il sistema GIS e la successiva catalogazione con sistema quali workplace development o space plan.

Anagrafe funzionale

Riguarda i dati relativi alle destinazioni d'uso e alle conseguenti denominazioni funzionali interne.

Anagrafe tecnica

Riguarda la realizzazione di schede Tecniche Sintetiche relative alla vera e propria consistenza tecnica delle "unità tecnologico-funzionali" rilevanti ai fini manutentivi, ossia, in sintesi: le parti strutturali, le partizioni interne, le attrezzature e gli impianti. Di ogni unità si registra materiale e tecnica costruttiva.

Grazie a questo censimento, è possibile redigere delle Schede di rilevamento diagnostico personalizzate per ciascuna unità tecnologico-funzionale, i guasti che nel tempo si sono succeduti vengono raccolti e categorizzati (Schede Cliniche), in maniera tale che attraverso il data base dell'edificio o del sito sia possibile diagnosticare sia la patologia che gli elementi da verificare più spesso quali potenziali cause della stessa, nonché le modalità della verifica stessa.

Anagrafe amministrativa

Riguarda l'identificazione amministrativa dell'edificio pertanto contiene dati come: il suo status giuridico e contrattuale, le spese sostenute, le scadenze contrattuali, le autorizzazioni ai pagamenti ecc.

Anagrafe gestionale

Riguarda la conservazione di tutte le informazioni storiche dell'organizzazione della manutenzione.

Procedure

Dall'acquisizione del dato alla sua distribuzione, le procedure indicano i modi in cui esso deve essere veicolato, elaborato e distribuito. Specificano l'architettura del sistema informativo nonché i livelli di accesso ai dati e le responsabilità di chi li consulta; le modalità di aggiornamento, di valutazione dei parametri ricavati. Spesso la difficoltà è non riuscire a far interagire piani di ambiti di diversi come i piani di manutenzione con la misura della manutenibilità, i piani di sicurezza e l'analisi dei rischi, la gestione delle forniture e il magazzino.

2.4.2 Le Problematiche dei sistemi informativi

Non è cosa semplice rendere questo complesso sistema di procedure *friendly to use* per l'utente finale, laddove non si abbia un minimo di competenze di base e non comprenda l'importanza del ruolo degli operatori della manutenzione. È altrettanto difficile creare un sistema eterogeneo compatibile con altri sistemi informatici già presenti creando un database management system interoperabile.

Altra problematica potenziale è l'affidabilità informatica, attraverso la quale si scongiura il rischio di perdita di dati in caso di interruzione, di qualsiasi natura, dell'hardware. Non meno pericolosa è la sicurezza del sistema in termini di segretezza, di riconoscimento dell'autore di ogni operazione in modo da individuare l'autore di una eventuale manomissione.

Oggi l'accesso remoto e l'utilizzo di servizi base di rete, finalizzati alla gestione informatica, alla manutenzione e a supporti di Help Desk, caratterizza l'approccio delle società specializzate nell'offerta esterna di servizi, per cui il cliente acquista solo specifiche licenze d'uso senza personalizzazione del software, con un contenuto aggravio economico, ma con minori garanzie sull'efficienza del sistema nel tempo e nel caso di sostituzione dell'affidatario.

L'host computer raccoglie archivi e banche dati, è localizzato presso il committente e/o il gestore della manutenzione, ma è interrogabile attraverso unità di elaborazione personale e controlla tutte le applicazioni di software dedicate e il loro aggiornamento.

Nel campo edile, il monitoraggio diagnostico sfrutta sistemi sempre più sofisticati come led, nano sensori, interferometria olografica che garantisce il rilevamento remoto in continuo senza accesso diretto di un operatore.

La tecnologia Wap (Wireless Application Protocol) inoltre consente agli operatori di collegarsi ai data center per mezzo dei dispositivi cellulari, consentendo la trasmissione informativa in tempo reale dei reporting essenziali degli interventi manutentivi per il controllo continuo dello stato di esecuzione.

Lo scopo dell'ingegneria di manutenzione, è quello di sviluppare funzioni di controllo tecnico/diagnostico ed economico/amministrativo in un unico sistema, ma questa innovazione

richiede l'efficienza della struttura aziendale on line e la condivisione del ruolo, sovente è rallentata dalla convinzione degli operatori, gli adempimenti procedurali e documentali sono ritenuti un sovraccarico di lavoro, generando un rischio di complessiva inefficienza.

Nell'ambito delle costruzioni, esistono molte più variabili organizzative rispetto a quello industriale a causa di diversi fattori:

- il sistema costruttivo edile rispetto a quello industriale spesso è realizzato con tecniche artigianali, è pertanto difficile predirne una durata;
- la vita utile ed i guasti in un organismo edilizio sono meno prevedibili rispetto a quello industriale a causa di una scarsa analisi sullo storico degli stessi e sovente di una scarsa conoscenza delle condizioni in atto;
- i danni economici per l'interruzione del funzionamento degli impianti in campo edile non sono commisurabili allo stesso caso nel campo industriale, in cui un'interruzione può bloccare un'intera catena di montaggio, rendendo indispensabile investire in strategie di manutenzione predittiva.

Per queste ragioni, sarebbe più opportuno veicolare il sistema informativo verso un ruolo di supporto alle decisioni e alla pianificazione per sviluppare analisi avanzate circa:

- *l'auditing dell'edificio – al fine di selezionare le strategie organizzative e contrattuali in funzione del complesso delle esigenze di gestione degli edifici;*
- *il benchmarking (analisi comparativa) delle attività manutentive e di facility – al fine di definire le performance da raggiungere, individuando le best practices di riferimento e misurando il perseguimento degli obiettivi di produttività, efficienza ed efficacia – sia interno fra patrimoni gestiti dalla stessa azienda, sia esterno come già avviene soprattutto negli USA, fra aziende dello stesso settore e rispetto a patrimoni con destinazioni d'uso affini;*
- *il controllo di gestione ed il down cost management – al fine di ridurre i costi interni ed esterni di materiali e servizi analizzando i fattori più rilevati e critici, ridefinendo i requisiti e gli obiettivi – della gestione e manutenzione;*
- *il miglioramento e l'integrazione delle filiere di fornitura-produzione-esecuzione, nella prospettiva del supply chain management;*
- *la progettazione di azioni correttive e migliorative di tipo organizzativo, tecnico, strumentale e procedurale.*³³

2.5 I sistemi di diagnosi³⁴

Le metodologie per la diagnosi del patrimonio edilizio, devono garantire un'organizzazione sistematica delle informazioni, una standardizzazione dei risultati, tenendo sempre presente l'apporto dell'esperienza degli operatori sul campo, nonché consentire di consultare il caso presentatosi con quanto contenuto nella letteratura. Tanto da rendere più corretto parlare di attività ispettive - diagnostiche – valutative.

³³ Maspoli R., I sistemi informativi per la manutenzione, in Manutenzione e gestione sostenibile dell'ambiente urbano. Quaderno del Laboratorio QSM, Ladiana D., Alinea, 2007.

³⁴ R. Maspoli SIME - Manuale per gli operatori tecnici, Alinea, Firenze, 1996.

Ispettive, perché a monte della diagnosi, c'è un controllo, un monitoraggio on line delle condizioni degli elementi costruttivi. A seguito di questa fase, è possibile ottenere una scheda che sintetizzi le conclusioni nonché le annotazioni del controllo.

Valutative, in quanto la scheda di sintesi detta, contenente l'esito dell'ispezione consiste nell'attribuzione di valori numerici, punteggi atti a valutare le condizioni degli elementi. Sono proprio questi punteggi a costituire l'input, il dato da elaborare per le successive fasi decisionali che costituiscono gli obiettivi della gestione manutentiva.

2.5.1 Le ispezioni

Un sistema messo a punto per creare un modello per la previsione dell'affidabilità nel tempo degli elementi, basandosi su un modello per la raccolta sistematica dei dati sulle modalità dei guasti, è contenuto nel S.I.M.E. Si tratta di incrociare una raccolta dati in serie storiche e previsioni probabilistiche dei fenomeni di degrado e dei guasti, con i dati sperimentali di riconosciuta valenza scientifica e con l'esperienza dell'individuo per ottenere un'analisi del rischio di degrado dell'elemento e garantirne l'affidabilità del risultato.

Il S.I.M.E. contiene inoltre le metodologie da applicare durante le ispezioni. È innanzitutto necessario applicare, nel Sistema Informativo, una prima fase in cui si registrano le condizioni dello stato di fatto delle unità tecnologie ispezionate di tutto il patrimonio.

Otto sono le condizioni (CC) riscontrabili.

| CC0 | CC1 | CC2 | CC3 | CC4 | CC5 | CC6 | CC7 | CC8 |
|---|---|---|--|---|--|---|---|---|
| NON ISPEZIONATI | ISPEZIONI GENERALI SUPERFICIALI | CONTROLLI DELLE CONDIZIONI D'USO | CONTROLLI PERIODICI DEL FUNZIONAMENTO | CONTROLLI DI SPECIFICI GUASTI | CONTROLLI PER STABILIRE L'AFFIDABILITÀ DEGLI ELEMENTI | CONTROLLI DIAGNOSTICI SPECIALI | CONTROLLI PER STABILIRE LE QUANTITÀ DEGLI INTERVENTI | MONITORAGGI CONTINUI IN AUTOMATICO |
| <i>Registrazioni degli elementi non controllati</i> | <i>Controllo ciclico visivo/ con check list</i> | <i>Controllo d'uso e obsolescenza</i> | <i>Ispezioni definite di "manutenimento e pulitura" in cui, nel corso dell'ispezione si eseguono operazioni manutentive di routine su reti, subsistemi di impianti o attrezzature.</i> | <i>Su segnalazione e interviene un ispettore interno all'azienda per determinare l'entità del guasto e le cause. Cronologicamente registrati, si formerà così un archivio dei guasti anche per poter analizzare i dati ed intervenire in via previsionale. Sempre lo stesso attore, valuterà se l'intervento è rimandabile alle operazioni Programmate di Manutenzione o se si deve intervenire in emergenza.</i> | <i>Attraverso controlli sistematici di specifici parametri di personale tecnico interno si possono formulare previsioni sulla vita utile di servizio delle macchine. Nel caso di necessità di risultati scientificamente più complessi o richiedenti attrezzature particolari per il rilevamento, si ricorre a operatori di società esterne specializzate.</i> | <i>Richiedono prove approfondite che possono anche essere distruttive del provino o richiedono prelievo di campioni per indagini in laboratorio. È richiesto personale tecnico specializzato sia per la prova che la stesura del "progetto di diagnosi", arrivando a dare come output una vera e propria perizia, necessaria per la valutazione della Spesa Previsionale e la previsione dei tempi di Programmazione Manutentiva.</i> | <i>Congiunte ad altre operazioni di diagnosi approfondita, servono a stabilire la quantità geometrica degli elementi oggetto di attività manutentiva.</i> | <i>Sistemi intelligenti di controllo automatico si usano nei casi in cui i rischi provocati dal guasto possano recare pericolo per la sicurezza delle persone (es. fessurazione murature misurata con estensimetri elettronici)</i> |

Tabella elaborata da SIME. Manuale per gli operatori tecnici.

3 IL PIANO DELLA MANUTENZIONE

3.1 Il processo edilizio ed i livelli di progettazione

Qualunque progetto, sia esso civile o aziendale, non è una semplice sequenza di operazioni, ma un ciclo propedeutico di azioni attraverso le quali il progettista o il project manager, cercano di raggiungere degli obiettivi prefissati. Ogni progetto ha dunque quattro macrofasi:

- AVVIO E ANALISI
- PIANIFICAZIONE
- ESECUZIONE
- CHIUSURA

Nella prima fase, si realizza l'individuazione dell'obiettivo e se ne analizza la fattibilità secondo le variabili riscontrate: si realizza così uno "studio di fattibilità", durante il quale ci si pongono delle domande come "è possibile svolgere il progetto?", oppure "esistono le risorse per farlo?".

Una volta svolte le analisi, si può passare alla vera fase progettuale/pianificatoria che prevede, oltre allo sviluppo dettagliato dell'idea iniziale, la descrizione degli step e delle strategie necessari per arrivare alla realizzazione dell'obiettivo finale. Il progettista coordina e computa il budget necessario per la realizzazione del progetto ed inizia ad analizzare i rischi correlati all'esecuzione. La fase di esecuzione è quella in cui viene implementato tutto quanto dettagliatamente progettato. Ovviamente, si mantiene un costante monitoraggio delle attività affinché si possa mantenere il controllo sulla direzione del progetto nella massima affinità con quanto progettato. A conclusione di tutte le operazioni, si analizzano i risultati finali, si consegna tutta la documentazione attestante la conformità delle opere ed infine si liquidano i contraenti.

Se questa sequenza logica è valida sia per un business core che per un'opera civile o edile, per quanto riguarda il settore edile, ampio è il panorama culturale che, nel corso degli anni, ha condotto alla definizione del processo edilizio. Da approccio etico del costruire, badando ai bisogni dell'uomo e dei gruppi sociali, nell'arco della storia si è trasformato da processo regolatore di "coscienza spontanea" (si pensi alle grandi opere del Gotico realizzate senza progetto secondo i principi della coscienza spontanea) a insieme complesso di fasi di progettazione ed esecuzione di un'opera edile in un certo contesto fisico-geografico, in un arco di tempo limitato, rispettando valori economici predetti.

Le fasi e le attività da considerare nella programmazione di un processo edilizio sono riassumibili in:

- Progettazione
- Esecuzione
- Gestione

E riguarda molteplici attori quali: il committente, il progettista, il direttore dei lavori, l'appaltatore, il coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione, il collaudatore, ecc. ecc.

Dagli artt. 14 a 43 del DPR 207/2010 si evincono i contenuti essenziali della progettazione e la sua suddivisione in 3 livelli. Tale analisi ha rilievo per definire i livelli di interesse per la manutenzione.

3.1.1 Progetto di fattibilità tecnica ed economica

È finalizzato a definire gli obiettivi e le caratteristiche dell'intervento da realizzare attraverso l'analisi di tutte le possibili soluzioni progettuali alternative: Documento di Fattibilità delle Alternative Progettuali (DOCFAP) che avrà un livello di approfondimento differenziato e relativo alle dimensioni dell'opera. Bisognerà prendere in considerazione:

- la possibile localizzazione dell'intervento,
- le alternative di tracciato,
- il riutilizzo di aree dismesse,
- le diverse soluzioni tecnologiche, impiantistiche e organizzative disponibili,
- l'impatto sul contesto territoriale, ambientale e paesaggistico,
- le diverse modalità tecniche di intervento,
- l'ipotesi di non realizzazione dell'intervento, cioè "l'opzione zero".

Nella seconda fase saranno sviluppati i contenuti del documento, scegliendo solo una delle alternative progettuali.

Il documento di fattibilità delle alternative progettuali dovrà essere sempre redatto per:

- interventi di manutenzione straordinaria, recupero, ristrutturazione, adeguamento normativo, riqualificazione energetica, riqualificazione urbana, rigenerazione urbana su immobili esistenti;
- nuove opere con investimenti inferiori a 10 milioni di euro, prive di introiti tariffari;
- opere con investimenti superiori a 10 milioni di euro, prive di introiti tariffari;
- opere di qualsiasi dimensione per le quali è prevista una tariffazione del servizio;
- Su opere esistenti si baserà sulla conoscenza dello stato dell'opera, delle sue parti strutturali e degli impianti. Tale conoscenza dovrà essere di tipo visivo, documentale, geometrico, materico e funzionale.

Il progetto di fattibilità tecnica ed economica sarà accompagnato da:

- una relazione generale, da cui si evincano le motivazioni delle scelte operate dal progettista;
- una relazione tecnica, con indagini e studi specifici, come i livelli prestazionali dell'intervento, la presenza di eventuali interferenze e il contesto urbanistico;
- elaborati grafici per: l'individuazione delle caratteristiche dimensionali, volumetriche, tipologiche, funzionali e tecnologiche dei lavori da realizzare; nonché l'eventuale scelta in merito alla mancata suddivisione dell'intervento in lotti funzionali;
- le modalità con cui redigere il quadro economico da allegare al progetto.

Nel caso in cui l'affidamento dei lavori avvenga sulla base del progetto di fattibilità tecnica ed economica, il progetto dovrà contenere anche uno schema di contratto indicante i tempi per la redazione del progetto definitivo e di quello esecutivo.³⁵³⁶

Si evidenzia come l'iter non sia previsto per gli interventi di manutenzione ordinaria, emerge quindi il rilievo della definizione delle alternative di categoria di intervento, in particolare

³⁵ <http://biblus.acca.it/focus/piani-manutenzione/>

³⁶ <https://www.ingenio-web.it/20023-livelli-di-progettazione>

fra manutenzione ordinaria, straordinaria e restauro conservativo, e la necessità di specifici regolamentari tecnici di appalto per le opere manutentive in generale ripetitive e pianificate.

3.1.2 Progetto definitivo

Il progetto definitivo è predisposto sulla base del progetto di fattibilità tecnica ed economica approvato; individua compiutamente i lavori da realizzare nel rispetto di tutti i vincoli esistenti; contiene tutti gli elementi necessari per il rilascio delle autorizzazioni richieste.

In questo livello verranno sviluppati gli elaborati grafici e descrittivi nonché i relativi calcoli ad un livello di definizione tale che nella successiva progettazione esecutiva non si avranno significative differenze tecniche e di costo.

Nel caso di lavori su opere esistenti, nel progetto definitivo dovrà essere indicato lo stato dell'opera; se necessario, bisognerà indicare il piano di riutilizzo delle terre e rocce da scavo. Inoltre, per gli interventi complessi il progetto comprenderà anche il piano di manutenzione.

In caso di affidamento dei lavori sulla base del progetto definitivo, il progetto definitivo dovrà essere corredato dai seguenti elaborati:

- schema di contratto e capitolato speciale d'appalto;
- piano di manutenzione;
- piano di sicurezza e di coordinamento;
- dettagli costruttivi in scala opportuna in relazione al tipo di opera relativi agli elementi del progetto architettonico e, ove occorrente, di quello strutturale.³⁷

3.1.3 Progetto esecutivo

Il progetto esecutivo viene redatto in conformità al progetto definitivo e determina in ogni dettaglio i lavori da realizzare, il relativo costo previsto ed il cronoprogramma coerente con quello del progetto definitivo (nel calcolo del tempo contrattuale deve tenersi conto della prevedibile incidenza dei giorni di andamento stagionale sfavorevole).

Il progetto esecutivo, in pratica, costituisce l'ingegnerizzazione di tutte le lavorazioni e definisce compiutamente ed in ogni particolare architettonico, strutturale ed impiantistico, l'intervento da realizzare; restano esclusi da questa fase solo i piani operativi di cantiere, i piani di approvvigionamento e i calcoli e i grafici relativi alle opere provvisori.³⁸

3.2 Il Piano di Manutenzione

Un progettista non può avere tutte le necessarie competenze del manutentore, pertanto, perché la progettazione possa intervenire nei processi manutentivi è necessario prima acquisire tutte le informazioni dei sistemi, è necessario pertanto un profondo coinvolgimento del manutentore col progettista per poter avere delle fasi di pianificazione e programmazione (definire durata e risorse necessarie per un intervento di manutenzione pianificabile), analisi tecniche ed

³⁷ <http://biblus.acca.it/focus/piani-manutenzione/> - <https://www.ingenio-web.it/20023-livelli-di-progettazione>

³⁸ <http://biblus.acca.it/focus/piani-manutenzione/> - <https://www.ingenio-web.it/20023-livelli-di-progettazione>

economiche ed un miglioramento continuo veritiere, realistiche e concrete. Già il DPR 554/99 asserisce che il fine ultimo della progettazione è:

“un intervento di qualità tecnicamente valido, nel rispetto del miglior rapporto tra i benefici ed i costi globali di costruzione, manutenzione e gestione. [...] La progettazione è informata, tra l'altro, a principi di minimizzazione di impegno di risorse materiali non rinnovabili e di massimo riutilizzo delle risorse naturali impegnate e dall'intervento di massima manutenibilità”.

Il progettista deve pertanto garantire la vita utile dell'opera attraverso l'applicazione di politiche di manutenzione definite sin dalla fase di concezione del sistema. Il Piano di Manutenzione, deve prevedere una pianificazione delle attività di manutenzione al fine di mantenere nel tempo la sicurezza di funzionamento e funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico dei sistemi. Il compito del piano è di redigere dei veri e propri manuali suddivisi per sub-sistemi e componenti di natura edilizia, per impianti, per macchine ecc.

La Norma UNI 10874:2000, *Manutenzione dei patrimoni immobiliari - Criteri di stesura dei manuali d'uso e di manutenzione*, definisce, in relazione alla legislazione italiana:

- obiettivi e campi di applicazione dei manuali:
- tipologia e struttura
- caratteristiche dei supporti strumentali
- contenuti in termini di istruzioni e procedure per la gestione del sistema nel ciclo vita.

“i manuali di manutenzione definiscono le procedure di raccolta e di registrazione dell'informazione nonché le azioni necessarie per impostare il piano di manutenzione e per organizzare in modo efficace, sia piano tecnico sia quello economico, il servizio di manutenzione”

Il Piano di manutenzione ai sensi dell'art. 33 del DPR 207/2010, è un elaborato obbligatorio del progetto esecutivo di opere pubbliche e di opere private per la parte strutturale (definito dal paragrafo 10.1 NTC 2008 e ribadito dalle NTC 2018). Ha lo scopo di garantire il mantenimento delle caratteristiche di qualità ed efficienza dell'opera attraverso l'individuazione di requisiti che possano consentire la stima dei requisiti prestazionali del manufatto. Nella redazione del piano vanno individuati puntualmente i requisiti prestazionali e i controlli previsti dai Criteri Ambientali Minimi (CAM – dm 11 gennaio 2017) secondo quanto disposto dal nuovo Codice degli appalti (D.lgs 50/2016). Per redigere correttamente il Piano di Manutenzione, è necessario scomporre il sistema edilizio. Il sistema edilizio, inteso come sovrastruttura dei sistemi ambientale e tecnologico, si esplica attraverso un insieme strutturato di unità ambientali/elementi spaziali e di unità tecnologiche/elementi tecnici corrispondenti.

Unità ambientale

L'unità ambientale è un raggruppamento di attività compatibili spazialmente e temporalmente, definite in relazione a determinati modelli di comportamento dell'utenza;

Unità tecnologica

L'unità tecnologica è un raggruppamento di funzioni, compatibili tecnologicamente, necessarie per l'ottenimento di prestazioni ambientali.

Elemento spaziale

Un elemento spaziale si identifica con una porzione di spazio fruibile destinata ad accogliere, interamente o parzialmente, una o più unità ambientali; l'elemento tecnico, infine, è un elemento che s'identifica con un prodotto edilizio, più o meno complesso, capace di svolgere, completamente o parzialmente, funzioni proprie di una o più unità tecnologiche. L'insieme strutturato di unità ambientali o di elementi spaziali determina un sistema ambientale riferito alla corrispondente fase operativa del processo edilizio. L'insieme strutturato di unità tecnologiche o di elementi tecnici determina un sistema tecnologico (UNI 7867:1978 e poi UNI 10838:1999).

3.2.2 Classificazione del sistema tecnologico

L'insieme organizzato di elementi spaziali e di elementi tecnici di un sistema edilizio, concepiti e progettati unitariamente, avente caratteristiche di continuità fisica e di autonomia funzionale, dà luogo a un organismo edilizio: l'edificio. Il sistema tecnologico si articola a più livelli a cui corrispondono specifici gradi di complessità delle parti costituenti ciascuno di essi. Il primo livello riguarda le **classi di unità tecnologica** (per esempio: chiusura), il secondo livello riguarda le **unità tecnologiche** (per esempio: chiusura verticale), il terzo livello riguarda le **classi di elementi tecnici** (per esempio: infissi esterni verticali), il quarto livello è quello degli **elementi tecnici** (per esempio: finestra).

Gli elementi appartenenti a ciascun livello sono selezionati in base a criteri di omogeneità. La Tabella successiva riporta una classificazione del sistema tecnologico con riferimento all'edilizia residenziale proposta dalla norma UNI 8290 Parte I:1981, articolata in tre livelli:

1. classi di unità tecnologiche
2. unità tecnologiche
3. classi di elementi tecnici

| CLASSE DI UNITÀ TECNOLOGICA | UNITÀ TECNOLOGICA | CLASSE DI ELEMENTI TECNICI |
|--------------------------------|--------------------------------|--|
| Struttura portante | Struttura di fondazione | Strutture di fondazione dirette Strutture di fondazione indirette |
| | Struttura di elevazione | Strutture di elevazione verticali Strutture di elevazione orizzontali e inclinate Strutture di elevazione spaziali |
| | Struttura di contenimento | Strutture di contenimento verticali Strutture di contenimento orizzontali |
| Partizione interna | Partizione interna verticale | Pareti interne verticali Infissi interni verticali Elementi di protezione |
| | Partizione interna orizzontale | Solai Soppalchi Infissi interni orizzontali |
| | Partizione interna inclinata | Scale interne Rampe interne |
| Partizione esterna | Partizione esterna verticale | Elementi di separazione |
| | Partizione esterna orizzontale | Balconi e logge Passerelle |
| | Partizione esterna inclinata | Scale esterne Rampe esterne |

Benché tale classificazione sia riferita all'edilizia residenziale, si ritiene possibile utilizzarla anche per organismi edilizi di altre destinazioni d'uso e costituire quindi la base di riconoscimento, dall'unità tecnologica al componente, per le specifiche tecniche-procedurali della manutenzione.³⁹

3.2.2 I contenuti del Piano di Manutenzione

Il Piano di Manutenzione assume contenuto differenziato in relazione all'importanza e alla specificità dell'intervento, ed è costituito dai seguenti documenti operativi:

- a) *Manuale d'uso*
- b) *Manuale di manutenzione*
- c) *Programma di manutenzione*

3.2.3 Manuale d'uso

Il manuale d'uso deve contenere le informazioni relative all'uso corretto “delle parti più importanti del bene” ed in particolare degli impianti tecnologici. Contiene l'insieme delle informazioni utili all'utente per conoscere la corretta fruizione del bene nonché tutto ciò che occorre per limitare i danni da uso improprio, per consentire di eseguire tutte le operazioni atte alla sua conservazione che non richiedono conoscenze specialistiche, per riconoscere tempestivamente fenomeni di deterioramento anomalo al fine di sollecitare interventi specialistici.

Lo scopo del manuale d'uso è quindi evitare danni derivanti da un'utilizzazione impropria e far conoscere all'utente le operazioni atte alla conservazione del bene.

La normativa introduce il concetto di “parti più importanti del bene” e prevede che il progettista, in questa fase di redazione dell'elaborato, debba “scomporre” l'opera.

3.2.4 Manuale di manutenzione

Il manuale di manutenzione deve fornire

“in relazione alle diverse unità tecnologiche, alle caratteristiche dei materiali o dei componenti interessati, le indicazioni necessarie per la corretta manutenzione nonché per il ricorso ai centri di assistenza o di servizio” (art. 38 c. 5).

Fornisce, in relazione alle diverse unità tecnologiche, alle caratteristiche dei materiali o dei componenti interessati, le indicazioni necessarie per la corretta manutenzione, nonché il ricorso ai centri di assistenza o di servizio. Le parti più importanti del bene sono, dunque, le unità tecnologiche; questa definizione è ripresa da normative UNI inerenti la manutenzione delle opere edili, alle quali il Legislatore fa più volte riferimento.

Tra i contenuti del manuale di manutenzione (che rispetto al manuale d'uso ha carattere più tecnico essendo rivolto principalmente ad operatori specializzati), individuati al comma 6 dell'art. 38, troviamo “il livello minimo delle prestazioni”.

³⁹ <http://biblus.acca.it/focus/piani-manutenzione/>

Ai sensi dell'art. 38 c.6 lettere e) f) g), il progettista deve individuare le anomalie riscontrabili e distinguere le manutenzioni eseguibili dall'utente da quelle eseguibili da personale specializzato. Il manuale di manutenzione contiene le seguenti informazioni:

- a) La collocazione nell'intervento delle parti menzionate;
- b) La rappresentazione grafica;
- c) Le anomalie riscontrabili;
- d) Il livello minimo di prestazione;
- e) Le anomalie riscontrabili;
- f) Le manutenzioni eseguibili direttamente dall'utente;
- g) Le manutenzioni da eseguire a cura di personale specializzato.⁴⁰

3.2.5 Programma di manutenzione

Il terzo ed ultimo documento del piano di manutenzione è il programma di manutenzione. Esso prevede un sistema di controlli e di interventi da eseguire, a cadenza temporalmente prefissata o altrimenti prefissata, ad esempio sulla base di esiti di ispezioni e diagnosi, al fine di una corretta gestione del bene e delle sue parti nel corso degli anni.

Il programma di manutenzione deve essere articolato secondo 3 distinti sottoprogrammi:

- il sottoprogramma delle prestazioni, che prende in considerazione, per classe di requisito, le prestazioni fornite dal bene e dalle sue parti nel corso del suo ciclo di vita;
- il sottoprogramma dei controlli, che definisce il programma delle verifiche comprendenti, ove necessario, anche quelle geodetiche, topografiche e fotogrammetriche, al fine di rilevare il livello prestazionale (qualitativo e quantitativo) nei successivi momenti della vita del bene, individuando la dinamica della caduta delle prestazioni aventi come estremi il valore di collaudo e quello minimo di norma;
- il sottoprogramma degli interventi, che riporta in ordine temporale i differenti interventi di manutenzione, al fine di fornire le informazioni per una corretta conservazione del bene.⁴¹

Il sottoprogramma delle prestazioni, infatti, “prende in esame, per classi di requisito, le prestazioni fornite dal bene e dalle sue parti nel corso del suo ciclo di vita.”

Per il progettista c'è dunque l'obbligo di individuare per ogni parte dell'opera e per ogni suo componente (che con terminologia ripresa dalle norme UNI abbiamo precedentemente indicato come “elemento mantenibile”) requisiti e relative prestazioni; l'introduzione del concetto di requisito e di prestazione costituisce, per il professionista tecnico, l'elemento di maggiore innovazione della normativa.

Da ultimo, nei sottoprogrammi dei controlli e degli interventi, il progettista è chiamato a definire un programma di controlli, verifiche ed interventi (indicandone la cadenza temporale o “altrimenti prevista”). In particolare, nel sottoprogramma dei controlli, il progettista dovrà indicare i valori estremi delle prestazioni: quello di collaudo e quello minimo (di norma o stimato), considerato contrattualmente accettabile per il mantenimento in uso dell'elemento.

⁴⁰ Cattaneo M., Cultura di manutenzione, Alinea, Firenze, 2007.

⁴¹ DPR 207/2010 art. 38

4 LA MANUTENZIONE NEL SETTORE STRADALE

4.1 Legame tra la progettazione e la manutenzione stradale

La manutenzione stradale è l'insieme di operazioni e attività utili a conservare le caratteristiche funzionali e strutturali di un'infrastruttura stradale. Non è possibile pensare che un'arteria stradale abbia una durata infinita, sebbene sia altrettanto impossibile pensare di fare a completamento a meno di essa, poiché il traffico veicolare rappresenta ancora il più usato strumento di comunicazione. Esistono pertanto dei criteri, posti alla base della fase di progettazione, che determinano la validità dell'opera, ossia che i costi di costruzione, esercizio e manutenzione della sovrastruttura debbano essere della minore entità possibile. Va considerato che la legislazione tende a privilegiare in alternativa al criterio del "massimo ribasso" il metodo dell'"offerta economicamente più vantaggiosa", rivisto ai sensi dell'art.95 del D.Lgs. 50/2016, che mette in gioco una pluralità di criteri di valutazione dell'offerta ai fini dell'aggiudicazione dell'appalto.

Per quanto il mantenimento o ripristino delle caratteristiche superficiali del manto stradale di regolarità, rugosità e ridotta rumorosità siano operazioni poco complesse, le caratteristiche strutturali di portanza del sottofondo, rigidità e deformabilità dei diversi strati non lo sono altrettanto, sia in termini di difficoltà di intervento che di onerosità, poiché, nel primo caso, sono sufficienti interventi superficiali, che compromettono il traffico veicolare in maniera parziale o per periodi di breve durata, nel secondo caso, l'interferenza sulla circolazione stradale diventa importante, e può arrivare addirittura ad inibirla.

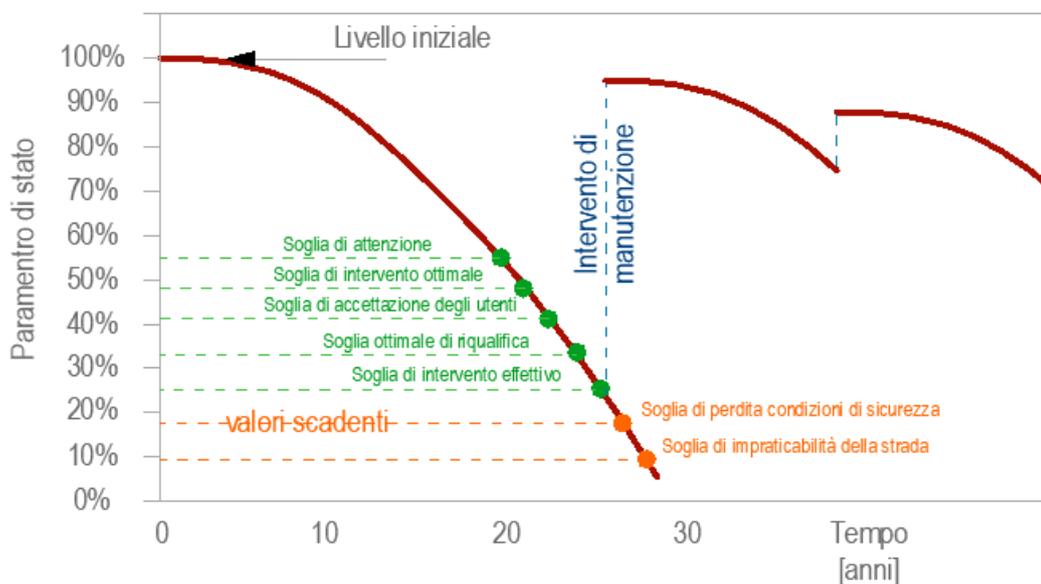
Si definisce *vita utile* di un'opera stradale, l'intervallo di tempo tra l'apertura al traffico della strada fino all'anno in cui si presentano degradazioni strutturali di valore limite, altresì definita attraverso il numero di cicli di carico assunti dal valore limite ammissibile di degradazioni strutturali.

La manutenzione stradale necessita di una premessa fondamentale: l'individuazione quanto più esatta possibile del dove, come, quando e quanto intervenire e consta di almeno quattro fasi:

1. Controllo dello stato;
2. Interventi preventivi atti alla conservazione;
3. Ripristini delle degradazioni;
4. Adeguamenti a nuove tecniche.

La prima fase è favorita da criteri di progettazione atti all'adozione di standard alti riguardanti la scelta dei materiali e degli spessori delle stratigrafie. La valutazione delle sovrastrutture avviene attraverso specifici indicatori di stato e curve di decadimento delle caratteristiche principali dei materiali: aderenza, regolarità, rumorosità, portanza. Per ciascun indicatore si individuano dei valori limite che implicano il tipo di intervento e/o monitoraggio come descritto nella seguente tabella e nella successiva curva di decadimento.

| INDICATORI DEI LIVELLI DI SOGLIA | | |
|--|---|---|
| Livello ottimale di partenza | Valore dell'indicatore di stato pari a quello della sovrastruttura nuova o ripristinata | |
| Livello di allarme | Valore indicante un prossimo intervento. | Necessario monitoraggio del tronco stradale |
| Livello di intervento ottimale | | Ad intervento realizzato, i costi della manutenzione a lungo termine risultano minimi |
| Livello di intervento effettivo | valore dell'indicatore presenta un degrado importante | Necessario intervento sulla sovrastruttura |
| Livello di sicurezza | Valore dell'indicatore oltre il quale aumenterebbero i sinistri rispetto alla media | |



Curva di decadimento e soglie di intervento tratta dal testo Annunziata F., Coni M., Maltinti F., Pinna F., Portas S., Progettazione stradale integrata, Zanichelli, Bologna, 2004.

Come è ovvio, esiste uno stretto legame tra la manutenzione ed il dimensionamento della sovrastruttura in fase progettuale.

Il calcolo del dimensionamento delle pavimentazioni stradali ha originato una molteplicità di metodi che possono essere raggruppati in:

- Metodi empirico-sperimentali: derivano dalle indagini condotte su piste sperimentali e dalle correlazioni tra le deformazioni o i decadimenti misurati sulla pista con le condizioni di carico imposte (numero e peso degli assi), gli spessori degli strati, le caratteristiche dei materiali e dei sottofondi. I risultati vengono presentati come abachi, tabelle e equazioni interpolanti i dati sperimentali e utilizzabili in fase progettuale. Il metodo empirico per eccellenza è quello proposto dall'AASHTO (American Association of State Highway e trasporti funzionari) che, a partire dagli anni '60, ha messo a punto un'espressione analitica che interpreta una notevole serie di misure sperimentali. L'espressione è stata aggiornata ('93) introducendo alcune importanti modifiche che la rendono più "razionale" (alcuni coefficienti possono essere ricavati direttamente dalle teorie della meccanica del continuo) e innovativa con

l'introduzione del modulo resiliente per caratterizzare il sottofondo e, soprattutto, del concetto di "affidabilità".

- Metodi semi-empirici: derivano da un'analisi teorica semplificata all'interno della quale vengono introdotti parametri e coefficienti correttivi per ottenere la massima rispondenza tra il modello teorico e i dati misurati. Tra questi si ricordano il metodo di CBR, di Goldbeck e dell'Indice di gruppo.
- Metodi razionali: i metodi precedenti hanno il pregio di derivare da indagini sperimentali, ma cadono in difetto poiché non consentono di tener conto di molti parametri come la frequenza di carico, la temperatura, le condizioni di vincolo, il reale comportamento elasto-plasto-viscoso dei materiali, la direzione e dinamicità dei carichi, etc. Tra i metodi razionali hanno grande importanza il metodo del multistrato elastico e più recentemente, il metodo agli elementi finiti FEM. Il primo, ricorre ad una serie di ipotesi semplificative, per dedurre alcune semplici equazioni risolubili in modo iterativo. Nel metodo FEM si rinuncia alla precisione assoluta dei risultati al di fuori dell'elemento finito, ma in compenso non esistono limitazioni nell'analizzare qualunque configurazione di carico, di materiali, vincoli, etc.

Sono considerati a tutt'oggi ancora molto significativi i risultati del AASHO Road Test che consiste nella determinazione dell'usura stradale a causa del traffico. Questo studio, effettuato per la prima volta alla fine del 1950 a Ottawa, Illinois, è spesso indicato come fonte primaria di dati sperimentali in cui è considerata l'usura del veicolo nelle autostrade, ai fini della progettazione stradale. Il test consiste nell'analizzare 6 circuiti di circa 3 Km, composti da 800 tronchi di differente sovrastruttura percorsi da veicoli pesanti per 4 anni verso gli anni Sessanta.

Il grosso vantaggio di questo test è di aver trovato un parametro quantitativo per definire il grado di ammaloramento di una pavimentazione: il *Present Serviceability Index (PSI)* funzione della media della variazione della pendenza del profilo, della profondità delle ormaie (impronte, per lo più strette e allungate, che si formano sulla superficie della pavimentazione stradale in seguito al ripetuto passaggio delle ruote di veicoli), della superficie delle buche e dei rattoppi o di lesioni, riferiti ad un'unità di superficie. Attraverso questo indice, è stata valutata l'influenza della fatica, ossia del numero di ripetizioni del carico (N) durante la vita utile della sovrastruttura. La relazione è del tipo:

$$PSI = PSI_{iniz.} - A \left(\frac{N}{\rho} \right)^{\beta}$$

Con:

A è una costante che misura la differenza tra il $PSI_{iniziale}$ e quello al momento dell'ammaloramento della sovrastruttura;

ρ e β sono due parametri dipendenti dalle caratteristiche e dai carichi della sovrastruttura.

(Annunziata F., Coni M., Maltinti F., Pinna F., Portas S., *Progettazione stradale integrata*, Zanichelli, Bologna, 2004.)

Questa metodologia proposta dall'ASSTHO, è basata sulla quantificazione della capacità strutturale di una pavimentazione in funzione del Numero di Struttura (SN) (*Structural Number*) in Italia indicato come INDICE DI SPESSORE I_s .

Questo indice PSI è utile per mostrare il legame tra la fase progettuale e quella degli interventi manutentivi. (Nel tempo il PSI è stato affiancato da numerosi altri indici che descrivono in modo più specifico i singoli tipi di degrado.)

Si considerino 5 casi di dimensionamento:

1. Dimensionamento fondamentale senza bonifica del sottofondo;
2. Dimensionamento fondamentale con bonifica del sottofondo;
3. Dimensionamento a manutenzione zero senza bonifica del sottofondo;
4. Dimensionamento a manutenzione zero con bonifica del sottofondo;
5. Dimensionamento progressivo.

Dati esemplificativi:

- terreno con portanza scarsa - CBR è l'indice di portanza dei terreni per sottofondo, con prova di penetrazione, e si indica in valore percentuale in quanto rapporto tra il valore della pressione in corrispondenza ad una penetrazione di 2,5 mm e 5 mm di un terreno campione, con il valore di riferimento ricavato su un terreno californiano (da cui il nome "California Bearing Ratio).
- traffico: 400 assi/giorno da 120 kN che crescono del 2% all'anno.

L'indice CBR ci consente di valutare se il terreno può essere utilizzato così come rinvenuto. Se CBR è maggiore di 10, è certamente utilizzabile, se il CBR è inferiore a 5, il materiale non può essere utilizzato senza particolari provvedimenti. L'influenza del sottofondo è valutata in funzione del modulo resiliente MR [MPa] valutato in funzione dell'indice di portanza CBR espresso in %.

$$CBR = \frac{M_R}{10}$$

Il dimensionamento nei 5 casi porterebbe alla seguente situazione:

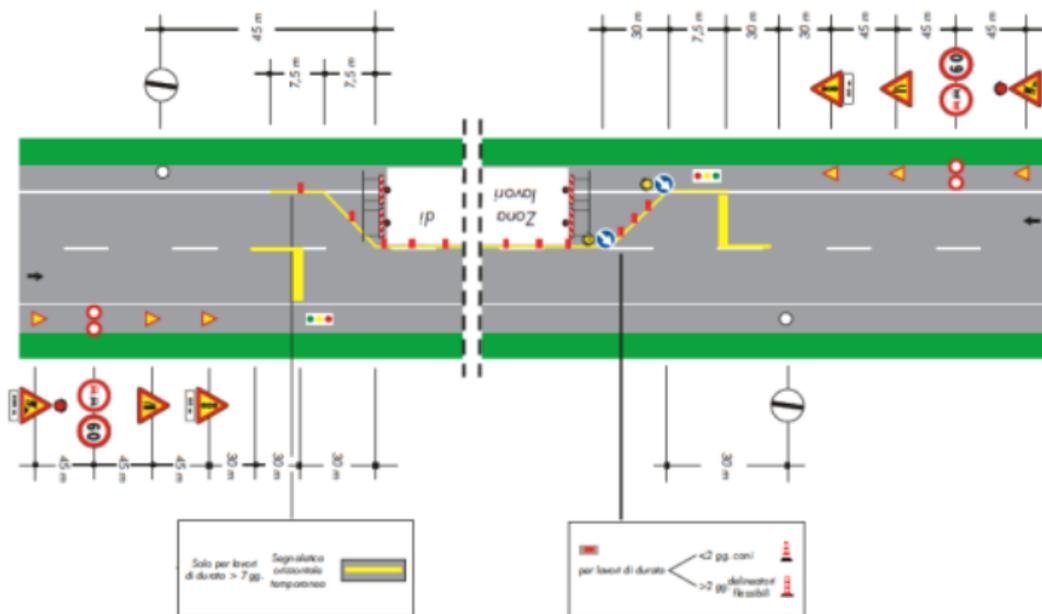
| Dimensionamento | | | | | |
|-------------------|--|--|---|---|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | fondamentale senza bonifica del sottofondo | fondamentale con bonifica del sottofondo | a manutenzione zero senza bonifica del sottofondo | a manutenzione zero con bonifica del sottofondo | Progressivo |
| Usura | 5 cm | 5 cm | 5 cm | 5 cm | 5 cm |
| Binder | 8 cm | 7 cm | 8 cm | 8 cm | 8 cm |
| Base | 20 cm | 17 cm | 20 cm | 25 cm | 15 cm |
| Sottobase | | | 20 cm | | |
| Fondazione | 40 cm | 30 cm | 35 cm | 35 cm | 40 cm |
| Sottofondo | CBR 5% | CBR 10% | CBR 5% | CBR 10% | CBR 5% |
| Vita Utile | 21,2 anni | 20,9 anni | >100 anni | >100 anni | 12,3 anni |

Tabella tratta da Annunziata F., Coni M., Maltinti F., Pinna F., Portas S., Progettazione stradale integrata, Zanichelli, Bologna, 2004.

Infatti, laddove si presenta CBR del 5% senza provvedere ad una sottobase (casi 1 e 5) la vita utile dell'opera risulterà certamente più breve, nei casi 2 e 4 in cui è prevista la bonifica del sottofondo ottenendo un CBR del 10%; nel caso 3, grazie alla presenza della sottobase che "compensa" il terreno scadente indicato da un CBR del 5%, si ipotizza che non sarà necessaria alcuna manutenzione straordinaria prima di 100 anni (ben oltre la vita utile dell'opera stimata in 20-30 anni); nel caso 5 la sovrastruttura è stata sottostimata (base di 15 cm), pertanto, al dodicesimo anni si renderà necessario un intervento di rinforzo per raggiungere il dimensionamento fondamentale (20 cm). Quando la sovrastruttura ha raggiunto la fine della sua vita utile si ipotizza di ricostruirla demolendo ciò che rimane della vecchia, riciclando il 50% dei materiali di risulta.

Per poter dedurre un confronto economico, non considerando innovazioni tecnologiche e nuovi materiali sul mercato, occorrerà considerare l'evoluzione del traffico e dei carichi per asse, nonché quantificare i costi di manutenzione:

- costi diretti (costi cosiddetti di cantierizzazione)
 Nel caso in esempio, si ipotizza un intervento di manutenzione ordinaria ogni 5 anni in cui si realizzeranno 5 cm di strato di usura, mentre la manutenzione straordinaria consisterà nel rifacimento dell'intera sovrastruttura. Si consideri però che, il 50% del materiale ottenuto dal disfacimento, potrà essere riciclato- Nel caso 5, l'intervento straordinario dovrà avvenire entro il 12° anno, con un intervento di rinforzo. Per maggiore efficienza, potrebbe essere realizzato al 10° anno durante la seconda manutenzione ordinaria.
- costi indiretti (ossia quelli sopportati dagli utenti.)
 I costi dell'utenza, rappresentano quei fattori di discomfort e disagio che l'utenza stradale dovrà sopportare come ad esempio, qualora il cantiere preveda la chiusura di una carreggiata e la necessità di un senso unico alternato, ci sarà una variazione dei consumi di carburante poiché i veicoli dovranno rallentare, fermarsi e ripartire.



Organizzazione semaforica del cantiere di manutenzione in una strada a carreggiata unica a doppio senso di marcia tratta da Disciplina tecnica D.M. 10.07.2002 "Schemi segnaletici chiusure stradali"

4.2.1 I fattori di dimensionamento della sovrastruttura

Compreso come la resistenza meccanica del terreno e dei singoli strati, nonché la portanza del piano di posa del sottofondo siano fattori essenziali, per un corretto dimensionamento occorrerà tener conto anche di altri due fattori:

- composizione ed entità del traffico;
- condizioni climatiche.

Composizione ed entità del traffico

Eseguire un'analisi completa del traffico è operazione assai complessa, poiché riguarderebbe l'analisi di fattori come:

- numero ed entità dei cicli di carico,
- fluttuazioni giornaliere e stagionali,
- composizione degli assi dei differenti veicoli,
- delle variazioni di velocità
- Ecc.

È possibile fare riferimento a modelli costruiti sulla base di approfondite indagini che possono garantire un grado di approssimazione soddisfacente.

Il primo parametro che occorre conoscere è il Numero medio di assi per veicoli commerciali (n_a). In Italia, in funzione al tipo di strada si ha:

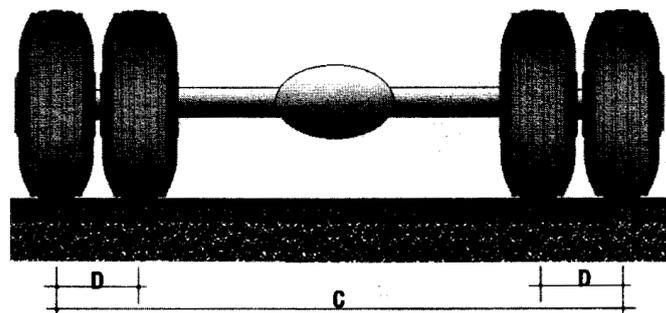
| Tipo di strada | Numero medio di assi (n_a). |
|---|---------------------------------|
| Autostrada extraurbana | 2.73 |
| Autostrada urbana | 2.05 |
| Strada extraurbana principale e secondaria a forte traffico | 2.53 |
| Strada extraurbana secondarie ordinarie | 2.12 |
| Strada extraurbana secondarie turistiche | 2.08 |
| Strada urbane di scorrimento | 2.05 |
| Strade di quartiere e locali | 2.00 |
| Corsie preferenziali | 2.00 |

Tabella tratta da Annunziata F., Coni M., Maltinti F., Pinna F., Portas S., Progettazione stradale integrata, Zanichelli, Bologna, 2004.

Per calcolare l'effettivo Numero di assi sollecitanti la sovrastruttura, occorrerà utilizzare un fattore amplificativo del numero dei veicoli commerciali che transitano poiché altrimenti il conteggio terrebbe conto dei soli veicoli transitati.

Per veicolo commerciale, si intende qualsiasi veicolo con massa complessivamente maggiore le 3t (Catalogo Italiano delle Pavimentazioni Stradali, B.U. n. 148 del 15.09.1995).

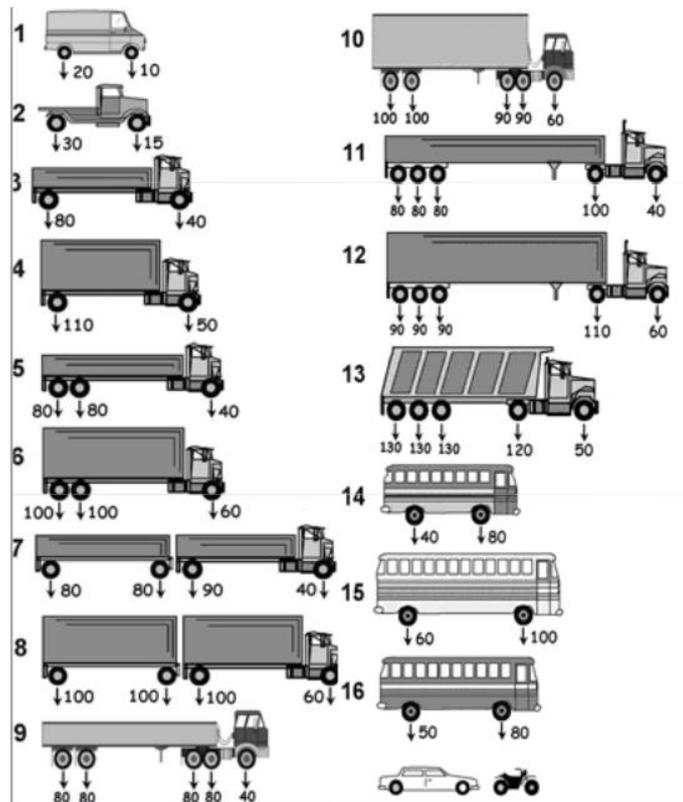
Per assi si intendono gli assi equivalenti standard. In Italia viene considerato tale un asse singolo a ruote gemellate di 12t.



Il Catalogo Italiano delle Pavimentazioni Stradali indica 16 tipologie di classi di veicoli presenti nel traffico di una tipica realtà italiana:

Al fine della verifica statica della sovrastruttura interessa conoscere quale sarà il massimo carico che transiterà su di essa. Questo può essere individuato nella configurazione dei carichi eccezionali (60 t su 3 assi gemellati) come previsti dal D.M. LL.PP. del 4.5.1990 per il progetto strutturale dei ponti stradali. L'art.62 del Nuovo Codice della Strada definisce i limiti di peso per i vari tipi di veicolo. Il valore limite complessivo a pieno carico di un veicolo è dato dalla massa del veicolo stesso in ordine di marcia e da quella del suo carico.

“La massa limite complessiva a pieno carico dei veicoli a motore isolati muniti di pneumatici (ossia, veicoli a cui non è agganciato nessun tipo di rimorchio e, quindi, ad esempio, le autovetture o gli autocarri) non può essere superiore a:



- 12 tonnellate, se si tratta di veicoli a due assi;
- 25 tonnellate, se si tratta di veicoli a tre o più assi;
- 26 tonnellate, se si tratta di veicoli a tre assi con l'asse motore munito di pneumatici accoppiati e sospensioni pneumatiche;
- 32 tonnellate, se si tratta di veicoli a quattro assi con l'asse motore munito di pneumatici accoppiati e sospensioni pneumatiche;
- 19 tonnellate, se si tratta di autobus e filobus a due assi destinati al servizio di trasporto pubblico di linea.

La massa limite complessiva a pieno carico dei rimorchi muniti di pneumatici (con esclusione dei semirimorchi) non può essere superiore a:

- 6 tonnellate, se si tratta di rimorchio ad un asse;
- 22 tonnellate, se si tratta di rimorchio a due assi;
- 26 tonnellate, se si tratta di rimorchio a tre o più assi.

La massa limite complessiva a pieno carico degli autotreni, autoarticolati e autosnodati non può essere superiore a:

- 30 tonnellate, se si tratta di autotreno a tre assi;
- 40 tonnellate, se si tratta di autotreno a quattro assi;
- 44 tonnellate, se si tratta di autotreno a cinque o più assi.

Per i veicoli che non rientrano tra quelli appena menzionati, come le macchine agricole, invece, la massa complessiva a pieno carico degli stessi non può essere superiore a:

- 5 tonnellate, se si tratta di veicoli ad un asse;
- 8 tonnellate, se si tratta di veicoli a due assi;
- 10 tonnellate, se si tratta di veicoli a tre o più assi.”⁴²

Ulteriore dato necessario per poter dimensionare una sovrastruttura è la relazione tra carico per ruota e area di contatto. Questa è funzione della pressione di gonfiaggio e del tipo di pneumatico.

Condizioni climatiche

Le condizioni climatiche influenzano in maniera differente le differenti sovrastrutture così distinte dal Catalogo Italiano delle Pavimentazioni Stradali:

- Rigide continue RC
- Rigide con giunti RG
- Semirigide SR
- Flessibili F.

Nelle prime il parametro che interessa in maggior misura è il gradiente di temperatura tra le facce superiore e inferiore delle lastre in calcestruzzo prefabbricate, di interasse variabile dai 4,5 m ai 7,5 m quando siano presenti delle barre di compartecipazione tra di esse. Questo fa sì che la lastra si ingobbi, mentre la temperatura media della sovrastruttura non modifica in modo apprezzabile le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo. Viceversa, nelle pavimentazioni flessibili (F) e semirigide (SR) il parametro fondamentale è la temperatura media dello strato, che modifica le caratteristiche reologiche dei materiali legati a bitume, data la loro elevata suscettibilità termica. Numerose difficoltà si incontrano nel voler estendere i metodi tradizionali alla risoluzione di sovrastrutture rigide continue (RG), nel caso di contemporanea presenza di gradienti termici e carichi da traffico. Il Catalogo Italiano delle Pavimentazioni Stradali fa riferimento per le sovrastrutture flessibili e semirigide a condizioni climatiche di progetto caratteristiche dell'Italia Centrale, mentre per quelle rigide alla situazione tipica dell'Italia Settentrionale per tenere conto della maggiore sensibilità di questo tipo di sovrastruttura ai valori massimi di sollecitazione. In

⁴² Nuovo codice della Strada – D.lgs 285/92, aggiornato con la Legge 28/2/2020 n. 8 – art.62

assenza di dati relativi alle condizioni climatiche del sito dell'opera è possibile far riferimento ai valori tabellari.⁴³

4.2.2 Tipologie di sovrastrutture

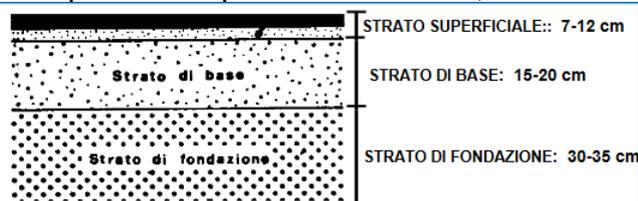
Le sovrastrutture sono ottenute dalla stratificazione di materiali diversi, le cui caratteristiche sono, dapprima più simili ai terreni di sottofondo cui si affiancano, per cui con caratteristiche meccaniche inferiori, per poi migliorare negli strati sovrastanti. I materiali utilizzati sono dei leganti, in particolare bitume e cemento per via delle loro caratteristiche: il bitume infatti arriva a sopportare deformazioni importanti senza arrivare allo stato limite di fessurazione, i materiali cementizi invece, sono poco elastici, pertanto poco deformabili. La combinazione di questi materiali risulta vincente considerando il tipo di sollecitazione che i veicoli inducono nelle sovrastrutture: la forza peso genera sollecitazioni di pressoflessione, mentre le accelerazioni e le frenate inducono sollecitazioni di tipo tangenziale. Queste agiscono superficialmente, mentre la pressoflessione riguarda gli strati più profondi. Per questa ragione gli strati superficiali sono realizzati in conglomerati bituminosi, con maggiore resistenza alle azioni tangenziali, mentre a quelli sottostanti in materiali cementizi, spetta il compito di sopportare la pressoflessione.

Gli elementi che compongono la sovrastruttura sono principalmente:

- strato di usura;
- strato di collegamento;
- strato di base;
- strato di fondazione.

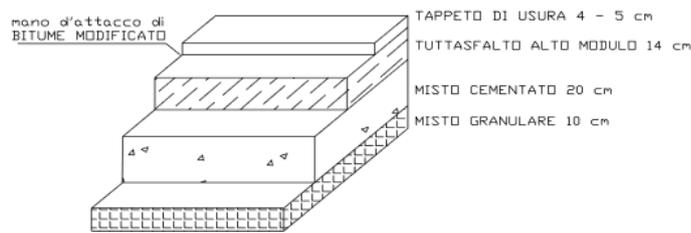
E, in funzione della composizione dello strato di base, che assorbe strutturalmente la maggior parte delle sollecitazioni di pressoflessione, possono essere distinte in tre tipologie:

- suprastrutture flessibili, in cui il materiale impiegato nella base è legato a bitume, con spessori compresi tra 10 e 25 cm;

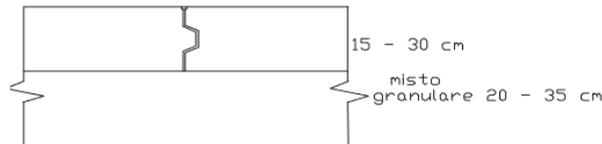


- suprastrutture semirigide in cui gli inerti, selezionati, sono legati con piccole quantità di cemento. Lo strato così realizzato ha notevole rigidità flessionale ed è in grado di ridistribuire gli sforzi su una superficie più ampia riducendo i fenomeni di fatica e aumentando la vita utile dell'opera. Talvolta, lo strato di base nelle sovrastrutture semirigide si compone di due strati sovrapposti: uno sottostante in misto cementato, l'altro disposto sopra di misto bitumato;

⁴³ Annunziata F., Coni M., Maltinti F., Pinna F., Portas S., Progettazione stradale integrata, pag.325, Zanichelli, Bologna, 2004.



- sovrastutture rigide in cui lo strato di base è una lastra di calcestruzzo.



Il calcestruzzo di impiego stradale deve avere resistenza a trazione per flessione maggiore di $4.5 + 5,0$ MPa per essere in grado di sopportare le azioni derivanti dal traffico veicolare senza ricorrere all'armatura a flessione. Invece, nelle sovrastutture rigide continue prive di giunti è presente un'armatura longitudinale disposta a semispessore per assorbire e controllare la fessurazione igrotermica.

Le sovrastutture rigide possono essere distinte in 4 categorie fondamentali:

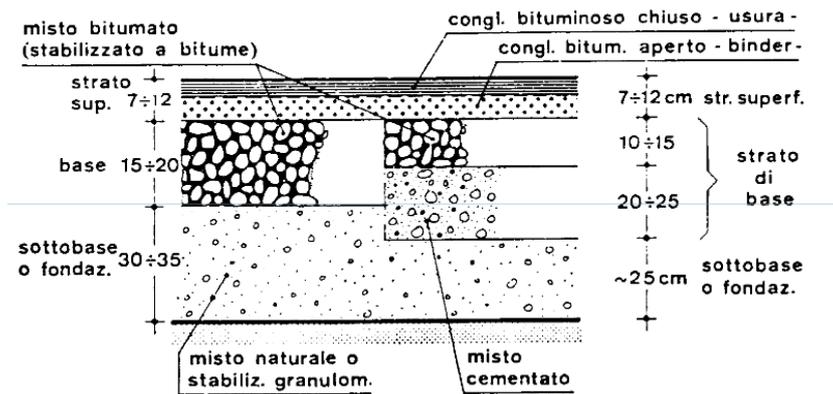
1. sovrastutture rigide tradizionali a giunti non armate, con o senza barre di trasferimento;
2. sovrastutture rigide tradizionali a giunti armate;
3. sovrastutture rigide ad armatura continua;
4. sovrastutture rigide precomprese.

Eccetto le ultime usate solo in campo aeroportuale, le altre vengono utilizzate diffusamente a seconda delle attitudini delle maestranze locali. Nella scelta, si deve tener conto di qualche considerazione economica: se si deve progettare un'infrastruttura a basso e medio traffico, le sovrastutture senza armatura mantengono costi limitati proporzionali all'efficienza del risultato, se il traffico dovesse essere più intenso, è opportuno l'uso delle barre di trasferimento sui giunti affinché le due lastre adiacenti possano trasmettersi gli sforzi. L'incremento economico da considerare è di circa il 10-20%. In alternativa, si dovrebbe incrementare lo spessore della lastra con uno strato di fondazione in calcestruzzo magro.

Alle sovrastutture continue armate si ricorre solo quando si tratta di infrastrutture autostradali o di strade extraurbane a grande traffico poiché vedono un incremento dei costi del 50% circa rispetto a quelle non armate e senza giunti. Le sovrastutture rigide si utilizzano per lo più solo in area urbane in cui si verificano frequenti interventi di manutenzione alle reti tecnologiche, ossia i sottoservizi (rete idrica, fognaria, telecomunicazioni), che necessitano di manutenzioni continue. Oltre al notevole impegno economico per la demolizione e rifacimento di porzioni della lastra, il ripristino non garantisce quasi mai il comportamento iniziale.

Tali sovrastutture sono poco usate perché la loro costruzione richiede maggiore complessità delle lavorazioni, la gestione dei giunti è piuttosto delicata e di conseguenza sono più costose da realizzare e mantenere.

Le sovrastutture semirigide si differenziano da quelle flessibili per stratigrafia: presentano uno strato di base costituito da misto cementato e misto bitumato.



Le sovrastutture flessibili sono le più utilizzate e presentano costi di costruzione inferiori, non richiedono particolari tecnologie costruttive, sono di facile manutenzione e sono più silenziose.

Sono costituite prevalentemente da materiali lapidei di origine calcarea e leganti tra bitume, asfalto e catrame. Il cemento è scarsamente usato perché è un materiale che si deforma poco, resiste bene a compressione ma non a trazione. È soggetto a dilatazioni termiche e quindi necessita di armature o di giunti di dilatazione. Il ritiro, specialmente nelle zone calde e ventilate come le nostre, dà un elemento di rischio in più. Il cemento richiede studi attenti e certezza sull'esecuzione della messa in opera. Il bitume, invece, unito agli aggregati dà vita a conglomerati bituminosi che sono materiali non rigidi, deformabili (non si rompono se sottoposti a deformazioni non troppo elevate) e viscosi. Hanno un comportamento variabile al variare delle temperature, ma che risulta stabile grazie agli additivi.

Rientrano nei parametri di scelta tipologica anche la tecnica costruttiva ed i mezzi richiesti per la realizzazione. Ciò porta a prediligere la tipologia costruttiva per la quale si dispone dei mezzi idonei. Il Catalogo delle Pavimentazione del CNR, riporta le indicazioni relative ai range entro cui variano gli spessori (cm) degli strati. Ad esempio, in una strada extraurbana principale a forte traffico, se si realizza una sovrastuttura flessibile, gli strati superficiali sono rispettivamente di 5 e 6 cm, la base è compresa tra 14 e 23 cm, la fondazione è di 15 cm; nel caso sia di tipo semirigido lo strato di usura è di 5 cm, quello di collegamento è variabile tra 5 e 11 cm, la base in misto bitumato è assente o, se presente, è al massimo di 10 cm, la base in misto cementato è compresa tra 20 e 30 cm, la fondazione è assente. Infine, se di tipo rigido sarà realizzata una lastra di 22-25 cm armata o no, poggiata su di uno strato di misto cementato di 15 cm e una fondazione di misto granulare di 15 cm.

Dopo la sua realizzazione, lo stato di una sovrastuttura è analizzato sotto due aspetti fondamentali: le caratteristiche superficiali, che indicano il confort e la sicurezza stradale (rumorosità, rugosità, ecc.); mentre le caratteristiche strutturali sono strettamente connesse alla portanza, alla deformabilità, agli spessori degli strati, alla loro successione e accoppiamento. È importante osservare che le caratteristiche superficiali e quelle strutturali non sono indipendenti le une dalle altre, ma il modificarsi delle prime ha conseguenze sulle altre, e viceversa.

Il Nuovo Codice della Strada classifica le strade in 6 classi differenti, individuate da una lettera da A a F. Tale classificazione è ripresa anche dal Catalogo Italiano delle Pavimentazioni.⁴⁴

| Tipologie di strade secondo il Nuovo Codice della Strada | |
|--|---|
| Autostrade urbane ed extraurbana | A |
| Strade extraurbane principali | B |
| Strada extraurbana secondarie | C |
| Strada urbane di scorrimento | D |
| Strada urbane di quartiere | E |
| Strada extraurbane locali e urbane locali | F |

Tabella tratta da Annunziata F., Coni M., Maltinti F., Pinna F., Portas S., Progettazione stradale integrata, Zanichelli, Bologna, 2004.

Le pavimentazioni flessibili e semirigide sono adatte a qualsiasi tipo di strada. Sussistono alcune limitazioni d'uso in campo aeroportuale, poiché il kerosene e gli oli lubrificanti leggeri sono sostanze solventi per il bitume, e in alcuni aeroporti militari, nei quali il getto caldo dei motori può provocare seri danni al conglomerato bituminoso. Inoltre, dopo gli ultimi gravi incidenti con incendio in galleria, altre limitazioni d'uso sono attualmente state imposte dalle normative di alcuni Paesi che vietano, in galleria, la realizzazione della superficie stradale a base di idrocarburi, perché vulnerabile al fuoco e prescrivono la realizzazione di pavimentazioni in conglomerato cementizio. In Italia, più dell'80% delle strade presenta sovrastruttura flessibile.

4.3 Fasi della manutenzione stradale

Nell'ambito delle infrastrutture, possono verificarsi due ipotesi: opere a basso costo iniziale, quindi con una vita utile più breve e costi di manutenzione più alti, ed opere con costi iniziali più alti, quindi con una vita utile più lunga e minori costi di manutenzione. Gli elementi oggetto di manutenzione sono:

- corpo stradale che coinvolge pavimentazioni e opere in terra;
- strutture che interessano ponti e viadotti, gallerie, opere d'arte minori;
- opere accessorie quali impianti e attrezzature, immobili, segnaletica, opere in verde.

Gli interventi di manutenzione stradale in Italia, in relazione al Ministero delle Infrastrutture (MIT) e al concessionario pubblico ANAS spa, si distinguono in tre categorie:

- Interventi di manutenzione ordinaria o preventiva: (*minor rehabilitation, preventive maintenance e routine maintenance*)
Riguardano il ripristino e la conservazione del bene annullando i fenomeni di degradazione superficiale e conferiscono al bene le sue caratteristiche originarie. Per esempio, la sigillatura delle fessure superficiali delle pavimentazioni;
- Interventi di manutenzione straordinaria: (*major rehabilitation*)
Sono finalizzati al ripristino funzionale del patrimonio stradale, riguardano gli interventi che annullano le degradazioni strutturali e superficiali ricostituendo la curva di decadimento strutturale di progetto. Per esempio, la fresatura e rifacimento di base, binder e usura;
- Interventi di potenziamento, ampliamento e/o ricostruzione: (*reconstruction*)

⁴⁴ Annunziata F., Coni M., Maltinti F., Pinna F., Portas S., Progettazione stradale integrata, Zanichelli, Bologna, 2004.

Riguardano modifiche alle opere, interventi di adeguamento tali da comportare un miglioramento qualitativo e quantitativo del patrimonio stradale. Per esempio la ricostruzione di parti dell'opera su sovrastrutture talmente degradate da non rendere possibili operazioni di recupero.

Queste tre tipologie di interventi sono a basso costo e non strutturali e sono spesso denominati *pavement preservation*, ossia hanno lo scopo di prolungare la vita utile dell'opera.⁴⁵

Piccoli accorgimenti come prevedere in fase progettuale dei vani per le ispezioni o riparazioni, possono ridurre significativamente i costi di manutenzione, considerando che per un'infrastruttura, i costi di manutenzione annui, rappresentano circa il 2-3% del valore patrimoniale dell'opera. Di questi, la parte preponderante (2/3) è rappresentata dai costi per la manutenzione della pavimentazione.

4.3.2 Obiettivi

L'obiettivo principale della manutenzione è quello di garantire che l'infrastruttura durante la sua vita utile mantenga la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza, la sicurezza e il valore economico che aveva al momento della costruzione. Gli interessi da salvaguardare riguardano:

- gli utenti della strada, per i quali la manutenzione dovrebbe garantire che le condizioni funzionali dell'infrastruttura non scendano al di sotto di un livello minimo accettabile, particolare attenzione deve essere rivolta alla sicurezza stradale di tutti gli utenti;
- la collettività, in quanto "proprietaria" del patrimonio viario;
- la salvaguardia dell'ambiente in quanto i lavori dovrebbero essere eseguiti rispettando le esigenze di eco-compatibilità;
- la sicurezza, poichè l'incolumità dei lavoratori e degli utenti della strada deve essere lo scopo principale di ogni azione manutentiva.

4.3.3 Fasi del processo di manutenzione

Le fasi principali della manutenzione stradale sono il monitoraggio (inclusivo di rilievi e analisi), la pianificazione tecnico-economica delle attività e la fase attuativa (inclusiva di progettazione, manutenzione ecc.). Tali attività sono per lo più interdipendenti e solo parzialmente sovrapponibili. In dettaglio, il complessivo processo tecnico-economico è composto da:

- monitoraggio della rete stradale, delle condizioni ambientali e del traffico;
- pianificazione a livello di rete mediante la definizione degli obiettivi e delle condizioni al contorno (budget, in primis). La pianificazione deve riguardare anche:
 - la gestione nel breve e nel lungo periodo (con riduzione dei costi degli utenti, miglioramento della sicurezza, miglioramento della funzionalità della rete);
 - lo stanziamento delle risorse necessarie;
 - la definizione delle strategie di manutenzione;
 - la definizione degli standard prestazionali dell'infrastruttura;
- programmazione degli interventi (definizione di un elenco dei progetti caratterizzati da differenti livelli di priorità);

⁴⁵ Santagata F. A., *Strade teoria e tecnica delle costruzioni stradali vol.2*, pg.452, Pearson Italia, Milano, Torino, 2016.

- progettazione degli interventi;
- attuazione del piano di manutenzione;
- valutazione sistematica dei risultati.⁴⁶

4.3.4 Sistemi di gestione della manutenzione

L'AICPR (Associazione internazionale permanente dei congressi della strada) definisce la gestione del patrimonio infrastrutturale come *"l'applicazione di principi economici e di metodi di buona pratica tecnica all'interno di un sistema fortemente strutturato di supporto alle decisioni, finalizzato all'allocazione e all'impiego ottimale delle risorse"*.

Il patrimonio da mantenere è infatti costituito sia da opere di nuova costruzione che di esistenti, delle quali non si conosce tutta la storia progettuale e realizzativa, pertanto sono necessarie continue indagini. Esistono sistemi di gestione dell'infrastruttura stradale come l'AMS (Asset Management System) che contengono il censimento di tutte le opere, le descrizioni, ed indagini in tempo reale attraverso un sistema codificato per coordinare e controllare tutte le operazioni e le attività coinvolte, nel rispetto degli obiettivi, dei vincoli esistenti, dotato di un algoritmo che garantisce la migliore utilizzazione delle risorse disponibili e il massimo beneficio per la collettività. L'OCDE (Organization for Economic Co-operation and Development) invece, ha tracciato uno schema ideale di un sistema di gestione del patrimonio viario creando però due sistemi paralleli per le pavimentazioni (PMS) e i ponti (BMS),⁴⁷ che sono alla base del sistema attualmente utilizzato in Italia da ANAS spa.

L'organizzazione del sistema

Per poter definire un sistema ordinato ed organizzato, il primo passo necessario è sicuramente l'identificazione, ossia l'anagrafica, l'Ente individua quali strade faranno parte della rete che gestirà. Le strade verranno suddivise in rami ed in tronchi o sezioni.

Un ramo è definito tale in base a due criteri:

a) funzioni svolte: per esempio suddivisione tra strade di classe diversa o tra strade e parcheggi);

b) topologia: può farsi coincidere con una determinata strada. Il modo più semplice per identificarlo è quello di utilizzare lo stesso nome della strada.

La suddivisione in tronchi invece, dipende dalle caratteristiche omogenee delle diverse porzioni di tronco (per natura eterogenee), cosicché la gestione di elementi omogenei renda più semplice le attività sull'unità di gestione. Tali caratteristiche sono:

- tipologia del corpo stradale (rilevato o trincea),
- opere d'arte (ponti, viadotti, gallerie),
- struttura della pavimentazione,
- dati storici di costruzione,
- traffico,
- dati storici degli incidenti,
- dati ambientali,

⁴⁶ Santagata F. A., Strade teoria e tecnica delle costruzioni stradali vol.2, pg. 454, Pearson, Milano, Torino, 2016

⁴⁷ Santagata F. A., Strade teoria e tecnica delle costruzioni stradali vol.2, pg. 455, Pearson, Milano, Torino, 2016

- stato degli elementi che compongono l'infrastruttura.⁴⁸

Le banche dati contenenti i dati identificati e di definizione delle strade nonché l'identikit dello stato attuale, sono condivise con il Catasto delle Strade e delle relative pertinenze. Tali dati sono suddivisi in:

- dati storici, ossia i dati statici di identificazione e definizione (tipologia costruttiva, storia degli incidenti e delle manutenzioni, costi, traffico giornaliero medio annuo, parametri ambientali, ecc.);
- dati periodici, ossia quelli sullo stato funzionale e strutturale dell'opera (si utilizzano rilevazioni parametriche che restituiscono indici di performance degli elementi).

Se le banche dati vengono implementate con sistemi di gestione, possono portare alla costruzione di modelli previsionali

- i modelli di decadimento dei parametri considerati per la previsione delle condizioni di stato dell'infrastruttura nel tempo;
- i valori di riferimento (valori di soglia) dei parametri rappresentativi della condizione di stato dell'infrastruttura;
- le tipologie di intervento che si prevede di realizzare attraverso la redazione di un catalogo degli interventi di manutenzione contenente informazioni relative a criteri di scelta del tipo di intervento, specifiche costruttive, costi, campi di impiego e benefici (durata dell'intervento, estensione della vita utile della pavimentazione ecc.);
- gli strumenti di analisi necessari per sviluppare piani pluriennali e confrontare differenti alternative.⁴⁹

L'adozione di un sistema di gestione non può essere una scelta superficiale o meramente commerciale. Proprio per quanto appena detto, è necessario innanzitutto coinvolgere chi si occuperà di utilizzare le banche dati ed i riscontri prodotti dalle elaborazioni affinché risulti una scelta "sostenibile" sia in termini di dati in input che di reporting, per l'organizzazione già in essere, poiché i software e hardware richiesti sono sempre più complessi, nonché in quanto è necessario un costante aggiornamento per accrescerne sempre di più l'efficienza e renderli strumenti sempre al passo con le strategie aziendali. Bisognerà valutare anche i costi di impianto, funzionamento, assistenza e aggiornamento degli strumenti.

La scelta più importante è quella di utilizzare una piattaforma già esistente o cucita su misura. Generalmente si richiede all'appaltatore una via di mezzo, ossia una piattaforma già in essere, ma strutturalmente personalizzata e personalizzabile, compatibile con i sistemi aziendali in atto.

Le attività quotidiane, gli aggiornamenti dei prodotti, lo sviluppo del sistema possono essere sia di tipo interno (in-house) che esterno (hosted) e l'uso del GIS può essere separato dal sistema di gestione, per tale ragione è anche opportuno che il sistema sia dotato di specifiche richieste di licenze d'uso, nonché dell'idonea formazione. I prodotti offerti sono oramai quasi tutti "web oriented" in maniera tale da non richiedere hardware particolari e col vantaggio di poter ottenere un'assistenza online e non in presenza.

⁴⁸ Santagata F. A., Strade teoria e tecnica delle costruzioni stradali vol.2, pg. 457, Pearson, Milano, Torino, 2016

⁴⁹ Santagata F. A., Strade teoria e tecnica delle costruzioni stradali vol.2, pg. 458, Pearson Italia, Milano, Torino, 2016

I potenziali benefici di un sistema di gestione efficiente sono:

- Il possesso di un'unica fonte dati;
- La rappresentazione visiva della rete;
- Il supporto alle decisioni relative agli investimenti, basato sull'analisi dell'intero ciclo di vita, che permette di valutare in modo rapido ed efficiente le conseguenze di differenti scenari di finanziamento;
- La possibilità di giustificare le prestazioni offerte (livelli di servizio) o gli stanziamenti economici richiesti;
- La possibilità di monitorare i livelli di prestazione raggiunti confrontandoli con gli obiettivi fissati e rappresentando il tutto attraverso strumenti grafici/visivi di facile comprensione;
- La possibilità di rendicontare e presentare i programmi degli interventi prioritari attraverso strumenti facilmente comprensibili dalle parti interessate, comprese le componenti sociali, il personale interno ed i fornitori esterni di servizi;
- Una gestione più efficace della manutenzione, attraverso la programmazione e l'ottimizzazione degli interventi, tesa tra l'altro a combinare le attività previste sullo stesso tronco stradale al fine di minimizzare le interruzioni della circolazione;
- Un miglioramento della coerenza e della trasparenza delle attività di gestione ottenuta attraverso un aumento dell'efficienza dei processi, una riduzione delle duplicazioni ed una migliore gestione dei dati.⁵⁰

Il riscontro dei modelli previsionali di degrado, basati o su analisi teoriche o statistiche, sono le curve di decadimento, che esprimono, in maniera probabilistica o deterministica, la variazione di un certo indicatore di stato in funzione del tempo:

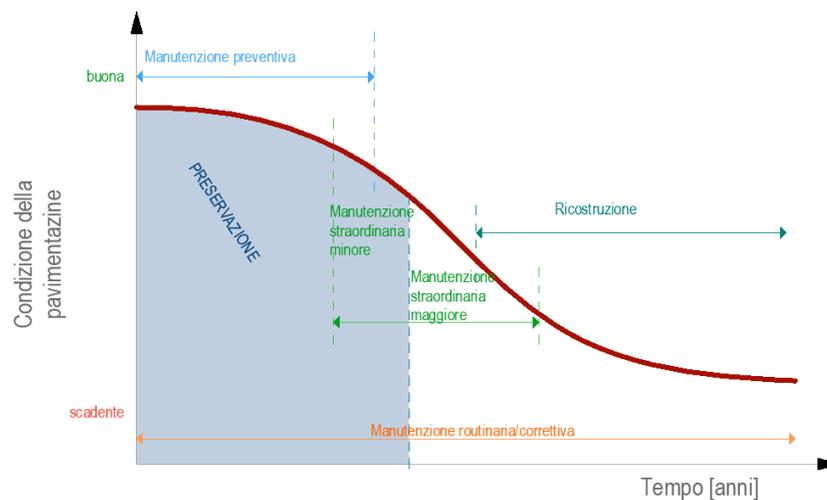


Grafico tratto da Santagata F. A., *Strade teoria e tecnica delle costruzioni stradali vol.2*, Pearson Italia, Milano, Torino, 2016.

Le curve di decadimento consentono, inoltre, di individuare il momento in cui mettere in atto un determinato intervento manutentivo, in modo da ottimizzare i costi e ridurre i disagi agli utenti. L'elaborazione della strategia manutentiva dipende da una serie di fattori di natura tecnica

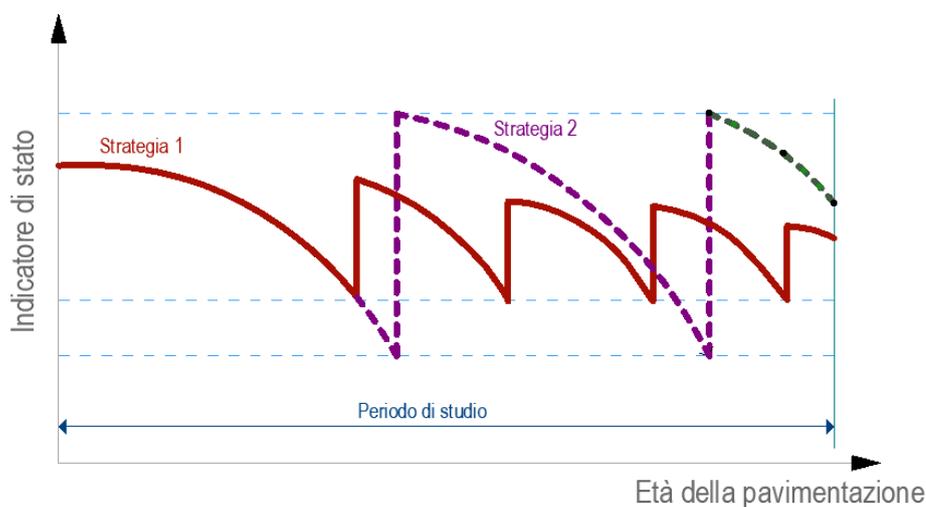
⁵⁰ <https://art.torvergata.it/retrieve/handle/2108/116830/235579/PUB-N67.pdf>. Convegno nazionale AIRPC Roma. Gestione del patrimonio stradale, MANUALE ASSET MANAGEMENT INFRASTRUTTURE STRADALI, 2007

ed economica che comprendono il traffico, la disponibilità di materiali, le caratteristiche strutturali e funzionali dell'opera, la disponibilità di risorse umane e di mezzi, la disponibilità finanziaria ecc. e viene definita in modo diverso in relazione al tipo, alla qualità e alla quantità dei dati e delle informazioni disponibili.

Questo tipo di gestione costituisce l'obiettivo finale al quale dovrebbe tendere il gestore dell'infrastruttura. In assenza di uno studio del genere, ci si limiterà ad una programmazione a breve termine, ossia ad una sequenza di priorità per ciascun ramo.

L'analisi tecnica ed economica, non sempre possono essere simultaneamente massimizzate, pertanto, esistono due principali tipologie di strategie:

- 1) interventi più costosi in grado di prolungare il lasso temporale tra due successive manutenzioni;
- 2) interventi provvisori e meno costosi ma più ravvicinati nel tempo.



Schema delle differenti strategie manutentive tratto da Santagata F. A., *Strade teoria e tecnica delle costruzioni stradali* vol.2, Pearson Italia, Milano, Torino, 2016.

La scelta tra le due strategie viene spesso fatta sulla base di un'analisi economica dei costi di costruzione e manutenzione all'interno di un ciclo vita, e tenendo altresì conto dei costi sociali degli utenti e del valore dell'opera a fine ciclo (valore residuo)

La scelta del tipo di strategia da adottare avviene sovente sulla base del confronto economico tra le due alternative manutentive tecnicamente possibili, tenendo conto dei costi di costruzione e dei costi di manutenzione di ciascuna strategia sull'intero ciclo di vita utile considerato, nonché bisognerà tenere conto di tutti gli altri costi degli utenti, dei fattori di rischio e del valore residuo dell'opera a fine ciclo di vita. Considerando una vita utile variabile in base al tipo di strada, vengono usate tecniche di analisi economica come la VAN che calcola il Valore Attuale Netto, che consiste nel valutare la differenza tra costi di costruzione, manutenzione e valore residuo, sulla base di un tasso variabile mediamente tra il 5 ed il 6% che tiene conto dell'attualizzazione dei parametri.

4.3.5 Il Piano di Manutenzione nelle opere stradali

Lo scopo della pianificazione della manutenzione è di conservare la pavimentazione e le strutture in condizioni ottimali per garantire sia un livello di servizio adeguato sia la sicurezza della circolazione attraverso la programmazione degli investimenti, individuati gli interventi di manutenzione e minimizzando i costi totali annui.

I principali vincoli che condizionano la pianificazione della manutenzione sono:

- carenza di risorse destinate alla manutenzione dell'infrastruttura (vincoli economici);
- presenza del traffico (criticità dell'interruzione del servizio stradale, aspetto tanto più penalizzante quanto è maggiormente necessaria la manutenzione);
- condizioni climatiche che limitano il periodo in cui possono essere eseguiti specifici tipi di interventi;
- interferenze tra le varie attività di manutenzione;
- insufficiente disponibilità di elementi conoscitivi sulla struttura e sullo stato dell'opera da mantenere;
- insufficiente conoscenza specifica in settori non ancora coperti da basi teoriche e sperimentali adeguate;
- insufficiente conoscenza sulle tecniche di diagnosi e di intervento;
- difficoltà connesse al fatto di dover intervenire su un bene esistente.⁵¹

Associando a ciascuna parte dell'infrastruttura un'ordinata ed utilizzando il tempo come ascissa, è possibile ottenere gli indicatori del degrado nel tempo di ciascuno parte.

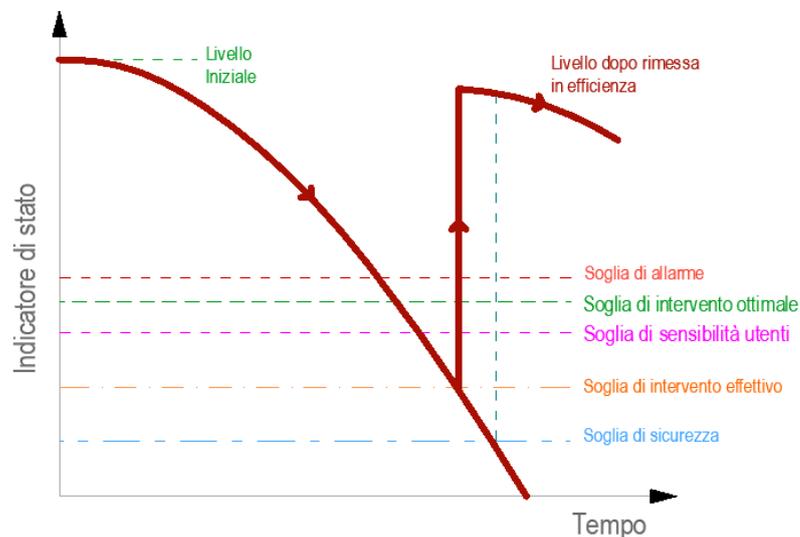


Grafico individuazione soglie per gli indicatori di stato tratto da Santagata F. A., *Strade teoria e tecnica delle costruzioni stradali vol.2*, Pearson Italia, Milano, Torino, 2016.

⁵¹ F. A. Santagata, - *Strade teoria e tecnica delle costruzioni stradali vol.2*, Pearson Italia, Milano, Torino, 2016

Queste curve, vengono realizzate in maniera sperimentale e sono funzione di diversi parametri come il traffico, il clima e le caratteristiche dell'elemento, riprendono il tema già sondato degli Indicatori di Livello che individuano dei valori limite.

I valori notevoli degli indicatori sono:

- a. livello iniziale: condizione relativa a un elemento di nuova costruzione o ripristinato;
- b. soglia di allarme: segnala l'approssimarsi della necessità di intervento ed è quindi necessario monitorare più attentamente l'evoluzione dei valori assunti dall'indicatore;
- c. soglia di intervento: livello di degrado tale da richiedere comunque un intervento sull'elemento;
- d. soglia di sicurezza: superato questo valore, la sicurezza della circolazione può risultare compromessa.⁵²

L'attività di pianificazione servirà a stabilire per ciascun indice di stato, sulla base di valutazioni di tipo tecnico ed economico specifiche per quel tipo di strada, la soglia di intervento ottimale, alla quale corrisponde il più conveniente rapporto benefici/ costi. La scelta della strategia manutentiva, e il rispetto dei livelli di soglia indicati, dipenderà dalle condizioni imposte dall'Ente gestore:

- il raggiungimento e il mantenimento di determinate condizioni delle infrastrutture della rete durante tutto il periodo di analisi;
- l'individuazione delle strategie manutentive che consentono l'utilizzazione di tutto il budget annuale disponibile.

La programmazione degli interventi

È la fase in cui vengono eseguite analisi per stabilite le priorità di intervento per ciascun ramo stradale. La programmazione si riferisce a brevi periodi (3-5 anni) e prevede l'utilizzo dei modelli previsionali di degrado. Il metodo procedurale generalmente adottato è piuttosto empirico e consiste, per ciascun segmento base (200 m), di individuare l'intervento necessario e l'ordine di priorità.

Il primo step è l'individuazione della categoria della strada; per ciascuna categoria vengono definiti degli standard di qualità che rappresenteranno gli indici di confronto con lo stato dei luoghi. I principali tipi di dati necessari per eseguire la programmazione degli interventi di manutenzione sulle pavimentazioni stradali sono:

- la tipologia dei dissesti presenti nelle tracce delle ruote,
- la regolarità,
- la tessitura,
- l'aderenza,
- la profondità delle ormaie.

Nonché:

- portanza,
- dissesti superficiali,
- condizioni di drenaggio.

In base alle caratteristiche della rete e del traffico possono considerarsi prevalenti gli aspetti funzionali o strutturali. Per valutare l'indicatore del singolo tratto stradale omogeneo, viene

⁵² Santagata F. A., cit.

valutata per ciascun segmento di 200 m di strada, un livello di priorità in funzione della soglia di attenzione e intervento. Facendo la media degli indicatori sopradetti (a-b-c-d) su ogni segmento, si otterrà il valore dell'indicatore sull'intero tratto in esame.

La priorità di intervento, può essere assegnata nel modo seguente:

- P1 se due o più indicatori superano la soglia di intervento;
- P2 se un indicatore supera la soglia di intervento e uno o più sono tra la soglia di attenzione/allarme e quella di intervento;
- P3 se due o più indicatori sono compresi tra la soglia di attenzione/allarme e quella di intervento o solo un indicatore supera la soglia di intervento;
- P4 se non si verifica alcuna delle suddette condizioni o non sono a disposizione dati sufficienti. Scelta del tipo di intervento: l'intervento ottimale, per ciascun segmento base, sarà determinato sulla scorta dell'esperienza, in relazione alla patologia del degrado e alla tecnica di intervento più adatta.⁵³

Per esempio, nel caso specifico delle pavimentazioni, se il valore della portanza misurato è molto basso e vi sono numerose fessure ampie, sarà necessaria la stesa di uno strato di ricarica (sovente previa fresatura) o il rinforzo della pavimentazione esistente. A seguito di questo intervento, di conseguenza, si ripristinano anche le caratteristiche di aderenza. Alla fine del processo decisionale a ciascun segmento viene assegnata una soluzione tecnica di intervento stabilita sulla base dei valori di soglia degli indicatori analizzati e delle caratteristiche del traffico.⁵⁴

A questo punto, vengono calcolati i costi degli interventi per quantificare quanti e quali possono rientrare nel periodo di analisi. Infine, si passa all'ottimizzazione delle informazioni: viene raccolto tutto il lavoro in un programma finale, in cui viene dato anche un ordine logistico, raggruppando i segmenti consecutivi sui quali verranno eseguiti un certo tipo di intervento al fine di realizzare un progetto di un chilometraggio ragionevole. In questa fase, la scelta dei raggruppamenti dovrà essere fatta sulla base di indicatori e per quanto assenti con buonsenso, poiché si dovrà scegliere tra:

- raggruppare per priorità e individuare successivamente il tipo di intervento da realizzare;
- raggruppare per intervento simile e assegnare successivamente le diverse priorità.

Mentre per individuare le sezioni di lavoro occorre considerare che:

- gli interventi devono essere individuati per sezioni di lunghezza adeguata in relazione all'elemento e al tipo di intervento;
- la distanza tra due sezioni di lavoro distinte, sulle quali è previsto lo stesso tipo di intervento, dovrà essere adeguata a prevedere la suddivisione del tratto, tenendo conto degli effetti prodotti dall'interruzione della lavorazione;
- i tratti che non necessitano di interventi, ma che vengono inclusi comunque nella sezione di lavoro, in modo da ottenere una lunghezza adeguata della stessa, non devono superare, in genere, il 20% della lunghezza della sezione.

Dopo aver definito le sezioni di lavoro e aver determinato le relative priorità di intervento, le sezioni di lavoro contigue con la stessa priorità di intervento e lo stesso tipo di soluzione vengano ulteriormente raggruppate.⁵⁵

⁵³ Santagata F. A., *Strade teoria e tecnica delle costruzioni stradali vol.2*, pg.465, Pearson Italia, Milano, Torino, 2016

⁵⁴ Santagata F. A., cit.

⁵⁵ F. A. Santagata, cit.

Gli interventi di rinforzo e risanamento richiedono un'analisi parimenti accurata a quelli di nuova costruzione, infatti, anche in questo caso è necessario calcolare il dimensionamento degli spessori e delle caratteristiche degli elementi oggetto di intervento. Occorreranno pertanto le stesse fasi analitiche delle condizioni al contorno, quali:

- l'analisi previsionale del traffico di veicoli pesanti previsto durante la vita utile;
- le condizioni climatiche prevalenti sul territorio dove si sviluppa l'infrastruttura;
- la composizione e le caratteristiche strutturali dei materiali della sovrastruttura esistente e del sottofondo;
- l'epoca di costruzione e i dettagli sugli interventi di manutenzione eseguiti in fasi precedenti;
- le caratteristiche del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e di drenaggio delle acque profonde;
- le caratteristiche superficiali della pavimentazione (per poter definire eventuali interventi localizzati di regolarizzazione del piano viabile);
- le caratteristiche dei materiali naturali disponibili in loco;
- l'esigenza di ampliamento della carreggiata per l'adeguamento funzionale dell'infrastruttura (al fine di coordinare l'adeguamento strutturale con le esigenze funzionali);
- la necessità di mantenere in esercizio l'infrastruttura durante l'esecuzione dei lavori condizionando di conseguenza la soluzione tecnologica da adottare e le modalità di intervento (larghezza dell'area di cantiere, tempi di riapertura al traffico ecc.).⁵⁶

Strato di rinforzo

Esistono tre tecniche per dimensionare lo strato di rinforzo: metodo degli spessori equivalenti, metodo delle deflessioni e metodi razionali. Grandezze fondamentali per il calcolo sono lo *Structural Number* (S_n) e lo *Structural Number effettivo* ($S_{n\text{eff}}$) che tiene conto dello stato di degrado reale cui versa la pavimentazione.

1. Metodo degli spessori equivalenti

Lo *Structural Number* del metodo della AASHTO si riferisce ad una nuova pavimentazione ideale e viene introdotto uno *Structural Number* effettivo riferito della reale pavimentazione danneggiata calcolato in modo empirico. La differenza tra capacità portante “ideale” e quella “reale” deve essere colmata dallo spessore dello strato di rinforzo.

2. Metodo delle deflessioni

Attraverso prove non distruttive, si calcolano le deflessioni superficiali delle pavimentazioni, si confrontano con i valori di deflessioni ammissibili e si trae il valore dello strato di rinforzo per pareggiare i due valori a parità di condizioni ambientali.

3. Metodi razionali

Si determinano gli stati di tensione e deformazione con metodi di calcolo razionale ossia di previsione del danno; si confrontano con valori tenso-deformativi ideali. Lo spessore del ricoprimento si determinerà con metodo iterativo quando il valore di calcolo rientrerà nel range dei valori limite accettabili.

⁵⁶ Santagata F. A., cit.

Lo spessore del ricoprimento

Lo strato di ricoprimento viene invece calcolato attraverso il metodo delle tensioni ammissibili, ossia le tensioni e le deformazioni negli strati della pavimentazione di progetto (pavimentazione esistente più strato di rinforzo) devono rientrare entro limiti accettabili stabiliti dalle normative. In ogni caso, oltre al corretto calcolo, è fondamentale un'attenta valutazione in situ dei materiali da utilizzare nella sovrastruttura e dello stato della pavimentazione esistente.

“In genere, per individuare le sezioni omogenee della pavimentazione si usa il metodo delle somme cumulate degli errori. Con riferimento alla risposta strutturale della pavimentazione, il metodo delle somme cumulate viene applicato alle misure deflettometriche effettuate tramite FWD come segue:

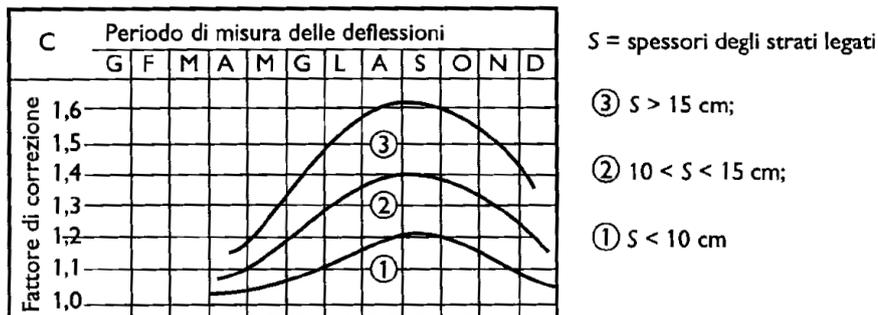
$$S_n = d - d_n + S_{n-1}$$

dove:

- S_n è la somma cumulativa nel punto di rilievo n -esimo;
- S_{n-1} è la somma cumulativa nel punto di rilievo $(n - 1)$ -esimo;
- d è il valor medio dell'indice utilizzato;
- d_n è il valore assunto dall'indice nel punto di rilievo n -esimo.

L'indice rappresentativo più comunemente impiegato in tal senso è il Surface Curvature Index SCI300 definito come la differenza fra d_0 e d_{300} , essendo d_0 e d_{300} i valori delle deflessioni registrate rispettivamente a distanza di 0 e 300 mm dal centro della piastra di sollecitazione (misurazioni con FWD).

Il limite tra una sezione omogenea e la successiva viene individuato in corrispondenza del punto in cui si ha una variazione della pendenza della retta di interpolazione dei valori di S_n . In alcuni casi, la differenza di pendenza tra due rette successive può essere lieve e può verificarsi che la differenza tra i valori medi del parametro calcolato sulle due sezioni omogenee non sia significativa da un punto di vista statistico. In questi casi, si può eseguire la verifica dell'ipotesi di uguaglianza delle medie dei valori del parametro sulle due sezioni omogenee mediante analisi statistica tipo t-test. In realtà l'approccio basato sullo SCI₃₀₀ potrebbe risultare teoricamente non del tutto corretto. Infatti, la deflessione rappresenta un indicatore della rigidità complessiva della sovrastruttura ma non della sua vita utile residua. Quest'ultima dipende anche dai valori delle deformazioni critiche in corrispondenza alla base degli strati in conglomerato bituminoso, alla sommità della fondazione e del sottofondo. Occorre inoltre precisare che il parametro SCI₃₀₀ permette di caratterizzare il comportamento generale della sovrastruttura ma non offre un valore assoluto di portanza in quanto, per sua definizione, non è altro che una differenza di deflessioni misurate a diverse distanze dal punto di applicazione del carico. Le deflessioni misurate su una pavimentazione stradale variano nell'arco dell'anno e sono maggiori alla fine del periodo invernale, diventando determinanti per il dimensionamento di un intervento di rinforzo della pavimentazione. Poiché le misure eseguite in questo periodo possono subire sensibili variazioni, è opportuno effettuare i rilievi negli altri periodi dell'anno e correggere i risultati. Una tecnica consiste nell'impiego di un coefficiente di correzione e che è pari al rapporto tra la deflessione massima d_{max} e quella misurata d_r . Il coefficiente di correzione si può determinare dal grafico sottostante in funzione dello spessore della pavimentazione.



In particolare, il valore del coefficiente di correzione va scelto nella parte superiore del dominio nel caso di fessurazione estesa della pavimentazione e in zone climatiche con periodi di gelo brevi oppure nel caso di misure eseguite dopo un periodo asciutto; i valori andrebbero invece scelti nella parte bassa del dominio nel caso di fessure poco profonde.”⁵⁷

Nella pratica Anas, questo metodo di calcolo viene utilizzato comunemente per il calcolo delle deflessioni di entità rilevante, mentre per le deflessioni di lieve entità viene utilizzato un controllo periodico attraverso una macchina appositamente progettata dal centro sperimentale di Anas chiamata ERMES, che misura 3 parametri:

CAT=Coefficiente di aderenza trasversale

IRI=Indice di regolarità del piano viabile

HS= Valutazione Macrorugosità della pavimentazione.

Attraverso la mappatura del tratto stradale, che avviene a cadenza semestrale, la macchina restituisce questi parametri i quali vengono confrontati con le soglie minime previste sia dai Capitolati Tecnici che dalle prestazioni riscontrate nelle pavimentazioni stesse, si ottiene una mappatura delle aree critiche, che dovranno quindi essere oggetto di MP secondo l'ordine di importanza dei parametri analizzati. Alla luce di ciò si eseguirà la progettazione degli interventi, tenendo conto che il tratto sia stato già o meno oggetto di ammodernamento, ossia se vi sia la presenza di pavimentazione drenante. In tali casi, la semplice sostituzione dello stesso garantisce già delle caratteristiche di portanza idonee, piuttosto che, in casi di vecchia pavimentazione, occorre procedere anche sugli strati inferiori. Nei tratti non ammodernati possono presentarsi pertanto anche delle problematiche localizzate come: ormaie o altri ammaloramenti, che indicano una deficienza della pavimentazione anche negli strati più profondi, quindi binder e base.

La progettazione degli interventi di manutenzione

È la fase di analisi delle strategie (l'analisi deve essere svolta per un periodo sufficientemente lungo per restituire dati che non presentano incertezza) in cui si traggono le conclusioni relative a costi e benefici. Per quanto riguarda una strada, attraverso i modelli di decadimento, vengono valutati:

- la regolarità,
- la profondità delle ormaie,
- la fessurazione da fatica,

⁵⁷ Santagata F. A., cit.

- l'aderenza.

Tra i costi, è opportuno tener conto di tutti quelli relativi al funzionamento dei veicoli, su cui incidono le condizioni stradali:

- il consumo di carburante,
- l'usura,
- il deprezzamento,
- la manutenzione,
- la necessità di pezzi di ricambio.

La grandezza da valutare statisticamente è il “costo del tempo di viaggio”, funzione di:

- velocità media,
- tipo di veicolo,
- tasso di occupazione,
- motivo dello spostamento.

La valutazione post intervento, ossia la valutazione del reale apporto di benefici alla strada, consente di effettuare analisi a posteriori delle scelte del tipo di intervento effettuate.

I costi e benefici devono essere di tipo monetario (risparmio nel tempo di viaggio o degli incidenti, ecc.) oppure in termini non monetari (maggiore sicurezza, minor impatto ambientale, minor rumore, ecc.).

4.4 Manutenzione delle pavimentazioni stradali

Il primo passo per poter individuare gli interventi di manutenzione sulla rete viaria è quello di individuare gli ammaloramenti, superficiali e profondi, ma anche la conoscenza previsionale di come evolvono tali fenomeni in reazione alle condizioni di circolazione e climatiche.

Per l'esame dei degradi è possibile ricorrere a tecniche sia visuali che strumentali per conoscere lo stato della sovrastruttura. In ambito internazionale sono disponibili numerosi cataloghi dei degradi rilevabili visualmente. In Italia il C.N.R. ha pubblicato nel 1998 il B.U. n°125 "Istruzioni sulla pianificazione della manutenzione stradale" e nel 1993 il B.U. n°165 "Istruzioni sulla pianificazione della manutenzione stradale, ponti e viadotti", che dettano le regole e i criteri di pianificazione e programmazione degli interventi. Più recentemente il SITEB (Associazione Italiana Bitume Asfalto Strade) ha pubblicato un manuale rivolto agli operatori dal quale sono tratte le schede di rilevamento riportate nelle pagine successive.

Tra queste i difetti sono stati raggruppati in tre classi tipologiche: regolarità, aderenza e portanza.

Il Catalogo delle pavimentazioni stradali consente di individuare invece i requisiti ottimali per ciascuna tipologia di strada:

- autostrade extraurbane e urbane PSI (Present Serviceability Index) = 3;
- strade extraurbane principali, secondarie e urbane di scorrimento PSI= 2.5;
- strade urbane di quartiere e locali PSI = 2.

I dissesti possono essere strutturali se compromettono la capacità portante della pavimentazione (per esempio, per le pavimentazioni flessibili, fessurazioni a pelle di cocodrillo, fessurazioni longitudinali e trasversali, ormaiamento); o funzionali se comportano una riduzione di sicurezza e comfort di guida (per esempio, per le pavimentazioni flessibili, levigatura degli aggregati, corrugamenti, bleeding – essudazione di bitume).

La letteratura offre inoltre differenti modalità di catalogazione dei dissesti in funzione del tipo di pavimentazione flessibile, semirigide o rigida.

DISSESTI PAVIMENTAZIONI FLESSIBILI E SEMIRIGIDE

1. FESSURAZIONI

da fatica a pelle di cocodrillo

a blocchi

di riflessione di giunti

longitudinali e trasversali

di bordo

da scorrimento

2. DISTORSIONI

corrugamenti

rigonfiamenti

ormaie

depressioni

3. DISINTEGRAZIONI

sgranamenti

buche

4. PERDITE DI ADERENZA

risalita di bitume

levigatura degli interti

DISSESTI PAVIMENTAZIONI RIGIDE

1. FESSURAZIONI

danneggiamento sigillante giunti trasversali

rottura degli angoli

dissesto per il carico nei giunti

fessurazione trasversale e diagonale

fessurazione longitudinale

durabilità, ossia microfessure

Map cracking

2. DISTORSIONI

scalinamento giunti

pumping

dislivello corsia/banchina

3. DISINTEGRAZIONI

blowup

scagliatura

spalling giunti e angoli

punch out

popouts

4. PERDITE DI ADERENZA

levigatura degli interti

| Dissesti Pavimentazioni flessibili e semirigide | |
|--|--|
| Fessurazioni | |
| fessurazione da fatica o a pelle di cocodrillo | fessure interconnesse, prodotte per fatica e generate dalla rottura dello strato di base della pavimentazione, dal quale si propagano verso la superficie formando un reticolo; |
| fessurazione a blocchi | lesioni che dividono la superficie della pavimentazione in blocchi approssimativamente rettangolari con lato maggiore di 30 cm. Sono conseguenti alla contrazione del conglomerato bituminoso e ai cicli di deformazione prodotti dalle variazioni termiche giornaliere associati a caratteristiche non adeguate del legante bituminoso |
| fessurazione di riflessione di giunti | si manifestano nel caso di strati superficiali in conglomerato bituminoso posti su pavimentazioni rigide discontinue; le fessure sono ubicate in corrispondenza dei giunti e sono causate principalmente dai movimenti delle lastre sottostanti |
| fessurazioni longitudinali e trasversali | lesioni parallele o perpendicolari all'asse stradale prodotte dalla contrazione del conglomerato bituminoso alle basse temperature, dall'indurimento del bitume, dal richiamo di lesioni sottostanti o da una cattiva esecuzione dei giunti durante la stesa |
| fessurazioni di bordo | lesioni longitudinali che si sviluppano a una distanza di circa 30 cm dal bordo della pavimentazione generalmente causate da difetti del margine e/o da cedimenti e assestamenti del materiale al di sotto della fessura a causa di scarso drenaggio, azioni del gelo o ritiro |
| fessurazioni da scorrimento | lesioni dalla tipica forma arcuata dovute a scorrimenti plastici del conglomerato bituminoso prodotti dalle azioni tangenziali sulla superficie della pavimentazione. |
| Distorsioni | |
| Ormaie | cedimenti canalizzati lungo la traiettoria delle ruote dei veicoli (wheel-path) causati da deformazioni permanenti prodotte dai carichi negli strati della sovrastruttura e nel sottofondo |
| corrugamenti | ondulazioni del manto d'usura, dovute alle azioni tangenziali sulla superficie della pavimentazione o all'interfaccia tra gli strati; |
| depressioni | avvallamenti della pavimentazione localizzati in aree di estensione limitata causati da cedimenti degli strati profondi della pavimentazione o da difetti di costruzione; |
| rigonfiamenti | sollevamenti locali della superficie della pavimentazione che possono essere accompagnati da fessurazione, generalmente dovuti all'azione, del gelo o al rigonfiamento del terreno di sottofondo. |
| Disintegrazioni | |
| sgranamenti | progressiva espulsione di particelle di aggregato e bitume dalla pavimentazione dovuto allo spogliamento oppure all'ossidazione e conseguente indurimento del bitume. Il fenomeno comporta una sensibile variazione della macrorugosità della pavimentazione. |
| Buche | cavità di varie forme e dimensioni che si generano in seguito alla rottura della superficie della pavimentazione per la formazione di fessurazioni a pelle di cocodrillo, per disgregazioni localizzate e per ripetizioni di cicli di gelo e disgelo; |
| Perdite di aderenza | |
| Risalita di bitume | creazione di un film di bitume sulla superficie della pavimentazione causato da una formulazione del conglomerato bituminoso con elevato contenuto di bitume o bassa percentuale di vuoti |
| Levigatura degli inerti | riduzione della microtessitura degli inerti affioranti nella zona di transito dei veicoli dovuta all'utilizzazione di materiale litico di natura mineralogica non adeguata |

| Dissesti Pavimentazioni rigide | |
|---|---|
| Fessurazioni | |
| danneggiamento del sigillante dei giunti trasversali | avviene per distacco ed espulsione del sigillante dal giunto provocati dal movimento della lastra o dai carichi di traffico, dalla presenza di materiale estraneo (sabbia e detriti) all'interno del giunto, da difetti del mastice di sigillatura |
| rottura degli angoli | per effetto della formazione di una fessura che collega un giunto trasversale con uno longitudinale o con il bordo per una distanza minore o uguale alla metà della lunghezza della lastra su entrambi i lati. Tale fessurazione è essenzialmente dovuta a carenza locale delle caratteristiche di portanza del sottofondo; |
| dissesto associato al sistema di trasferimento del carico nei giunti | e si manifesta attraverso fessure trasversali in prossimità di un giunto trasversale, dovute al carente funzionamento del sistema di trasferimento del carico, alla corrosione delle barre, a un loro errato posizionamento o a un errato dimensionamento della sovrastruttura; |
| fessurazione trasversale e diagonale | fessure dirette rispettivamente ad angolo retto o in direzione diagonale rispetto alla linea di mezzeria della pavimentazione. Tali fessure sono in genere prodotte dalla combinazione di carichi elevati e di tensioni prodotte dalle variazioni climatiche associate a carenze di supporto delle lastre |
| fessurazione longitudinale | fessure approssimativamente parallele alla linea di mezzeria della pavimentazione causate dal ritiro del calcestruzzo, dalla ripetizione dei carichi pesanti, dalla carenza di portanza del sottofondo e/o dalle tensioni prodotte dall'incurvamento della lastra; |
| fessurazione da problemi di durabilità | microfessure ravvicinate che si dispongono parallelamente in adiacenza dei giunti, delle fessure e dei bordi e che tendono a diradarsi in corrispondenza degli angoli. Sono generalmente causate da espansione degli aggregati grossi sottoposti a cicli di gelo e disgelo che nel tempo provoca la rottura del calcestruzzo |
| (Map cracking), dissesto dovuto alla presenza di aggregati reattivi | fessurazione sottile e distribuita che interessa la parte più superficiale della pavimentazione. Tali fessure tendono spesso a intersecarsi con un angolo di 120° rendendo la superficie simile a una cosiddetta "carta geografica"; in alcuni casi le fessure possono interessare anche profondità maggiori |
| Distorsioni | |
| scalinamento dei giunti | Consiste nella differenza di quota fra due lastre adiacenti in corrispondenza di un giunto o di una fessura determinata da movimenti degli strati sottostanti le lastre e agevolata dall'inefficienza del sistema di trasferimento del carico nel giunto; |
| risalita di acqua e di materiale fine (pumping) | espulsione di materiale attraverso i giunti o le fessure a opera dell'acqua presente negli strati sottostanti e messa in pressione dal passaggio dei veicoli; |
| dislivello corsia/banchina | consiste nella differenza di quota fra la banchina, soggetta a erosione e cedimenti, e la pavimentazione adiacente. |
| Disintegrazioni | |
| blowup (sollevamento delle lastre) | rottura del calcestruzzo in corrispondenza del giunto ed espulsione in superficie del materiale, prodotte da elevate tensioni di compressione generatesi per l'occlusione della luce di dilatazione del giunto a seguito di inserimento di materiale "incompressibile" |
| scagliatura | distacco di frammenti di calcestruzzo dalla superficie della lastra. Le cause che producono tale tipologia di dissesto sono riconducibili all'uso di sali disgelanti, a difetti di costruzione, a cicli di gelo-disgelo o all'impiego di aggregati non idonei; |
| spalling (scheggiatura) dei giunti | rottura o sbeccatura del bordo della lastra, dovute a un incremento delle tensioni di compressione in corrispondenza del giunto per effetto dei carichi di traffico o per infiltrazione di materiali estranei oppure dovute all'indebolimento del calcestruzzo o ad accumulo di acqua nel giunto con cicli di gelo e disgelo; |
| punch out | la rottura o frantumazione del calcestruzzo localizzata in piccole aree delimitate da fessure intersecanti a Y o parallele. Tale dissesto è causato da inadeguato spessore delle lastre e perdita di supporto da parte della fondazione |
| Popouts | distacco di frammenti di calcestruzzo dalla superficie della lastra con la formazione di crateri di piccole dimensioni. Tale dissesto è da imputarsi alla presenza di aggregati suscettibili di imbibizione, che hanno problemi di durabilità, di scarsa durezza o sensibili all'azione del gelo e disgelo. |
| Perdite di aderenza | |
| levigatura degli aggregati | presenza in superficie di aggregati lapidei "lisci" che non sono, pertanto, in grado di garantire un sufficiente livello di aderenza. Su tale dissesto influiscono le caratteristiche degli aggregati e l'azione del traffico |

4.4.2 Tecniche di intervento manutentivo

In generale, gli interventi di manutenzione stradale possono essere di quattro tipi, relazionabili alle categorie di intervento indicate da ANAS spa:

- 1) Riparazioni, ossia interventi finalizzati a non causare danni più gravi, circoscritti atti a risolvere dissesti come buche o avvallamenti;
- 2) Ripristini, si intende ripristini allo stato iniziale e sono eseguiti su superfici importanti o almeno su un'intera corsia. Consistono nella ricostruzione dello strato di usura o correzioni di irregolarità;
- 3) Rinforzi o risanamenti parziali, ossia interventi migliorativi delle caratteristiche di portanza;
- 4) Ricostruzione dell'intera sovrastruttura.

Anche per la descrizione degli interventi manutentivi, bisognerà distinguere le operazioni in funzione del tipo di pavimentazione: se flessibile e semirigida o se rigida.

| Riparazioni | | Ripristini | | Rinforzi | | Ricostruzioni | |
|--|--|---|--|--|---|-----------------------------------|------------------|
| PAVIMENTI FLESSIBILI E SEMIRIGIDI | PAVIMENTI RIGIDI | PAVIMENTI FLESSIBILI E SEMIRIGIDI | PAVIMENTI RIGIDI | PAVIMENTI FLESSIBILI E SEMIRIGIDI | PAVIMENTI RIGIDI | PAVIMENTI FLESSIBILI E SEMIRIGIDI | PAVIMENTI RIGIDI |
| <ul style="list-style-type: none"> • irruvidimento della pavimentazione e tramite bocciardatura, che consente il ripristino dell'aderenza su superfici levigate; • stesa di sabbia di frantumazione lavata o graniglia prebitumata e successiva cilindatura per il ripristino dell'aderenza su superfici soggette a risalita di bitume; • applicazione di un trattamento superficiale o di uno strato di usura sottile per il ripristino dell'aderenza su superfici | <ul style="list-style-type: none"> • riparazione dei bordi delle lastre, mediante applicazione di calcestruzzo o malta a base di cemento o leganti sintetici previa verifica ed eventuale sostituzione o trattamento delle barre di compartecipazione; • riparazione dei degradi superficiali con calcestruzzo o con malta a base di cemento o leganti sintetici; • riparazione delle fessure con materiale sigillante ed eventuale aggiunta di barre di compartecipazione in corrispondenza delle fessure trasversali; | <p>Necessari quando si verificano:</p> <ul style="list-style-type: none"> • diminuzione dell'aderenza; • difetti di regolarità; • lesioni riflesse; • perdite di materiale; • fessurazioni. <p>Il ripristino dell'aderenza si effettua spesso mediante le seguenti tecniche:</p> <ul style="list-style-type: none"> • trattamenti superficiali bituminosi; • trattamenti superficiali sintetici; • microtappeti a freddo. | <ul style="list-style-type: none"> • riparazione dei bordi delle lastre, mediante applicazione di calcestruzzo o malta a base di cemento o leganti sintetici previa verifica ed eventuale sostituzione o trattamento delle barre di compartecipazione; • riparazione dei degradi superficiali con calcestruzzo o con malta a base di cemento o leganti sintetici; • riparazione delle fessure con materiale sigillante ed eventuale aggiunta di barre di compartecipazione in corrispondenza delle fessure trasversali; | <p>Quando le caratteristiche di portanza della pavimentazione risultano fortemente degradate.</p> <p>Tecniche:</p> <ul style="list-style-type: none"> • posa in opera di uno o più strati di conglomerato bituminoso al di sopra della pavimentazione esistente (overlay); • rimozione di alcuni strati della pavimentazione esistente (fresatura) e loro sostituzione con strati caratterizzati da maggiore portanza, eventualmente associata all'inserimento di elementi di rinforzo in materiali sintetici (generalmente geosintetici) e alla stabilizzazione con leganti idraulici e/o bituminosi degli strati più profondi; • stesa di un ulteriore strato di rinforzo al di sopra degli strati rinnovati. | <p>Quando la pavimentazione è prossima alla fine della vita utile gli interventi di rinforzo e di risanamento parziale non sono in grado di garantire adeguate caratteristiche di portanza⁵⁹</p> | | |

⁵⁸ Santagata F. A., cit. pg. 470

⁵⁹ Santagata F. A., cit.

| | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|
| <p>scivolose o per la riparazione di altri fenomeni di degrado superficiale quali sgranamenti o fessurazioni superficiali;</p> <ul style="list-style-type: none"> • sigillatura di fessure isolate trasversali o longitudinali, mediante riempimento con mastice bituminoso a caldo; • riempimento di buche con conglomerato a freddo o a caldo; • correzione di irregolarità della pavimentazione e (ormai, corrugamenti, depressioni ecc.), mediante fresatura delle gibbosità e messa in opera di un conglomerato a caldo; • riparazione di fessure a pelle di coccodrillo, mediante rimozione della pavimentazione e stesa di nuovi strati di conglomerato bituminoso; • riparazione di avvallamenti localizzati (dovuti a carenza di portanza della fondazione per la presenza di strati gelivi o sensibili all'acqua), mediante sostituzione del materiale della fondazione e successiva stesa di nuovi strati di conglomerato bituminoso. | <ul style="list-style-type: none"> • miglioramenti localizzati delle caratteristiche superficiali nel caso di bassa aderenza, drenaggio superficiale delle acque insufficiente, fessurazione da ritiro, bassa resistenza al gelo e ai sali disgelanti. Il miglioramento dell'aderenza si può ottenere con idropulizia, sabbatura e metodi meccanici (fresatura, bocciardatura). Il miglioramento del drenaggio superficiale si può ottenere realizzando sulla superficie della lastra delle scanalature di opportune dimensioni. La sigillatura delle fessure da ritiro e il miglioramento della resistenza al gelo e ai sali disgelanti si può realizzare mediante procedimenti di impregnatura; • livellamento dello scalinamento mediante fresatura del bordo rialzato (nel caso lo spessore della lastra lo consenta) oppure mediante sollevamento o applicazione di una malta di riprofilatura. Il sollevamento della lastra può avvenire mediante l'iniezione di idonee malte di cemento modificate con prodotti epossidici o con resine epossidiche. L'intervento di ripristino più comune si esegue su lastre che risultano completamente rotte (mediante la loro sostituzione), tenendo conto dei | | <ul style="list-style-type: none"> • miglioramenti localizzati delle caratteristiche superficiali nel caso di bassa aderenza, drenaggio superficiale delle acque insufficiente, fessurazione da ritiro, bassa resistenza al gelo e ai sali disgelanti. Il miglioramento dell'aderenza si può ottenere con idropulizia, sabbatura e metodi meccanici (fresatura, bocciardatura). Il miglioramento del drenaggio superficiale si può ottenere realizzando sulla superficie della lastra delle scanalature di opportune dimensioni. La sigillatura delle fessure da ritiro e il miglioramento della resistenza al gelo e ai sali disgelanti si può realizzare mediante procedimenti di impregnatura; • livellamento dello scalinamento mediante fresatura del bordo rialzato (nel caso lo spessore della lastra lo consenta) oppure mediante sollevamento o applicazione di una malta di riprofilatura. Il sollevamento della lastra può avvenire mediante l'iniezione di idonee malte di cemento modificate con prodotti epossidici o con resine epossidiche. L'intervento di ripristino più comune si esegue su lastre che risultano completamente rotte (mediante la loro sostituzione), tenendo conto dei | | |
|---|--|--|--|--|--|

| | | | |
|--|--|--|--|
| <p><i>movimenti per fenomeni di ritiro e per le variazioni termiche. Per evitare fessurazioni indotte da fenomeni di ritiro è opportuno disporre delle apposite armature di collegamento nei giunti longitudinali.</i></p> | <p><i>movimenti per fenomeni di ritiro e per le variazioni termiche. Per evitare fessurazioni indotte da fenomeni di ritiro è opportuno disporre delle apposite armature di collegamento nei giunti longitudinali.</i></p> | | |
|--|--|--|--|

5 LA GESTIONE DELLA MANUTENZIONE IN ANAS⁶⁰

Quanto argomentato sui processi della manutenzione stradale, rappresenta la base teorico-manualistica delle applicazioni che realmente vengono eseguite sulle strade. Nel nostro paese, il gestore di più di 30 mila chilometri di infrastruttura è l'Azienda Nazionale Autonoma delle Strade (ANAS). Per un Paese come l'Italia, le infrastrutture stradali rappresentano un valore patrimoniale importantissimo e quindi da preservare.

L'attività di gestione di una rete stradale è, per Anas, “un processo sistematico e continuo atto a garantire una efficiente manutenzione, l'adeguamento alle necessità socio-economiche in continua evoluzione, garantendo la funzionalità in sicurezza degli asset infrastrutturali” [PIARC, 2014]. La gestione di una rete infrastrutturale implica quindi la programmazione degli interventi di manutenzione, basata sui seguenti elementi principali:

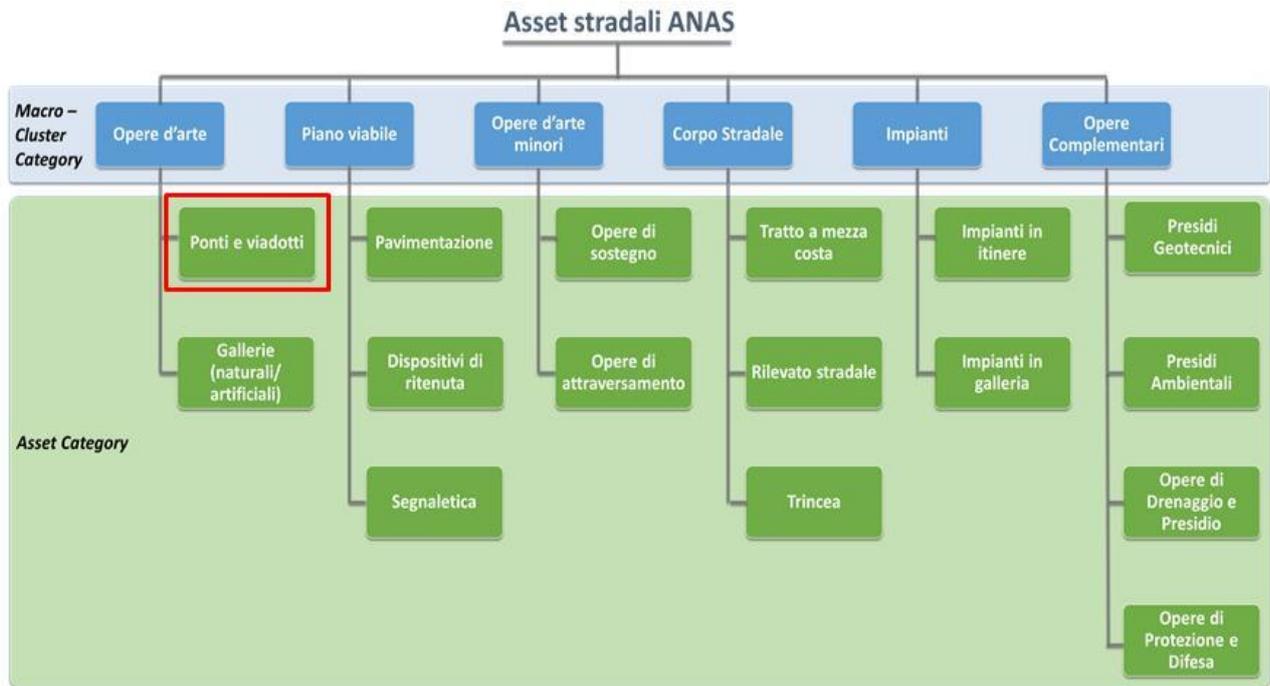
- la conoscenza e la sorveglianza periodica dell'asset;
- la valutazione delle condizioni presenti delle parti componenti l'infrastruttura; la previsione dello stato di degrado nel tempo;
- la definizione delle possibili strategie di manutenzione con identificazione degli interventi, dei costi e dei tempi associati.

La modalità d'azione vuole ormai essere predittiva, pertanto, la manutenzione è imprescindibile dalla conoscenza approfondita e dal continuo aggiornamento dei dati relativi al patrimonio infrastrutturale, al controllo nel tempo della funzionalità delle diverse opere che lo compongono e alla programmazione degli interventi, tenendo conto delle condizioni attuali dei diversi componenti e delle relative previsioni di degrado nel tempo.

La manutenzione programmata (MP) deve tendere a sostituire la vecchia manutenzione straordinaria (MS) secondo un modello di gestione di tipo industriale: non si interviene su “criticità”, ossia guasto dell'opera gestito come evento “straordinario”, ma “su prevenzione” e/o a cadenze periodiche, minimizzando il rischio di perdita di funzionalità e di danni all'utenza.

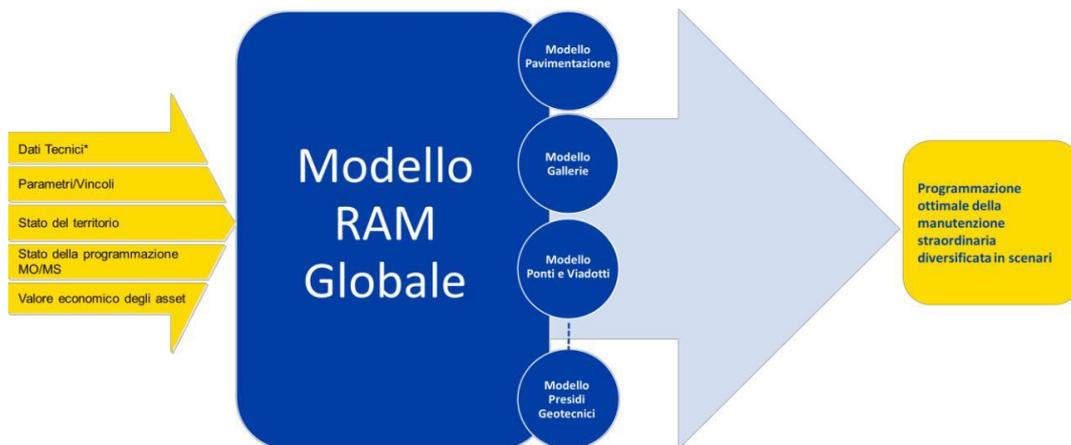
⁶⁰ Direzione Operation e Coordinamento Territoriale ASSETTO INFRASTRUTTURALE RETE, SISTEMA DI GESTIONE PER LA MANUTENZIONE PROGRAMMATA, ultimo aggiornamento Luglio 2020

Il modello concettuale del sistema di gestione dell'intero patrimonio stradale ANAS (*Road Asset Management System - RAM*) considera tutti gli elementi dell'asset classificati in sei *macro-cluster categories*, ognuno dei quali composto da diversi *asset categories*, come riassunto in figura.



Schema tratto da Mannella P., Resp. Ponti, Viadotti e Gallerie Centro-Sud Italia, ANAS Piano Monitoraggio Ponti Viadotti, webinar 14 Febbraio 2019

Il modello RAM è costituito da singoli *modelli locali - risk based*, specifici per ogni *asset category*, che consentono di calcolare indicatori sintetici in grado di rappresentare lo stato di conservazione e funzionalità dell'opera o di altri elementi analizzati. I modelli locali sono interfacciati con i sistemi IT esistenti in ANAS per la gestione dei dati di input che consentono una programmazione ottimale delle azioni di MP.



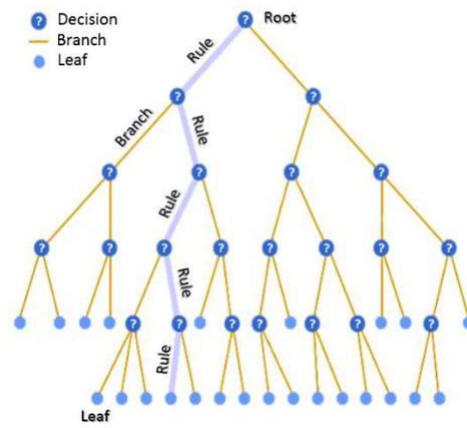
Schema tratto da Mannella P., Resp. Ponti, Viadotti e Gallerie Centro-Sud Italia, ANAS Piano Monitoraggio Ponti Viadotti, webinar 14 Febbraio 2019

Lo stato di conservazione delle opere viene definito sulla base di rilievi difettologici eseguiti mediante ispezioni periodiche, integrati da eventuali indagini specialistiche, verifiche strutturali e sistemi di monitoraggio.

Lo stato di conservazione dell'opera viene sinteticamente descritto attraverso indicatori numerici in grado di consentire una gerarchizzazione delle priorità, denominati Indici di Degrado o Indici di Condizione. Senza la ulteriore conoscenza delle condizioni ambientali e di esercizio, non è possibile però prevedere l'evoluzione del degrado e quindi la programmazione degli interventi. In assenza di serie storiche di dati derivanti da ispezioni, tali da consentire la previsione dell'andamento del degrado nel tempo tramite specifici modelli matematici (deterministici, stocastici o di intelligenza artificiale), l'effetto sull'opera delle condizioni penalizzanti sia ambientali che di esercizio è stato considerato mediante applicazione di coefficienti peggiorativi dello stato di conservazione, dovuti, ad esempio, alla vicinanza dalla costa e agli effetti negativi della salinità atmosferica, alla quota s.l.m. e al corrispettivo rischio neve e alla pericolosità sismica o di dissesto idrogeologico.

5.1 Approccio all'analisi dei modelli

Il modello Anas di standardizzazione fa riferimento al già citato *Bridge Management System* (BMS) per i ponti e *Pavement Management System* (PMS) per le pavimentazioni, delineati nel paragrafo *Sistemi di gestione della manutenzione*. Ogni Area Gestione Rete, valuta l'intervento manutentivo utilizzando la logica ad albero decisionale, guidando l'analisi delle singole caratteristiche dell'opera in modo tale da consentire l'individuazione dei parametri intrinseci ed esterni che maggiormente influenzano le scelte nella programmazione di un



intervento di manutenzione.

L'albero decisionale ("Decision Tree") è composto da vertici (o nodi) e archi (o rami): i nodi costituiscono i "punti di decisione", ossia si individuano le caratteristiche discriminanti che influenzano la classificazione di un'opera secondo un punteggio di criticità. I rami dell'albero rappresentano invece la regola che è stata utilizzata a seguito di una decisione e che quindi identifica ogni opera secondo una precisa caratteristica. I nodi "foglia" sono i nodi a livello più basso di specificazione, che definiranno opere con specifiche caratteristiche sulla base delle quali saranno poi definite formule che determineranno la priorità di intervento.

5.2 Le ispezioni

Il sistema Anas di ispezioni è contenuto nel Piano Globale di Ispezione, accompagnamento e manutenzione delle Opere d'Arte dell'intera rete stradale e si basa sulla catalogazione delle

patologie e sulla pianificazione degli interventi, sulla base dei risultati delle ispezioni, considerando l'ottimizzazione delle risorse disponibili per la manutenzione della rete.

| Parametri stato di conservazione derivanti dalle ispezioni col modello BMS | | |
|--|--|---|
| IF | <i>Indice di funzionalità dell'opera</i> | Indica la capacità di garantire la continuità di servizio in sicurezza |
| IDOp | <i>Indice di degrado dell'opera</i> | Indica lo stato di degrado delle parti strutturali |
| IRD | <i>Indice di rilevanza del degrado</i> | Parametro ottenuto applicando dei coefficienti amplificativi ai punteggi dell'IDOp in base alla vulnerabilità strutturale (materiale, schema statico ed età), ai parametri ambientali (quota sul livello del mare, distanza dal mare e pericolosità sismica idraulica e geologica) ed ai parametri di esercizio (tipologia di traffico, interventi passati) |

Tabella tratta dai Quaderni tecnici per la salvaguardia delle infrastrutture, volume VII, 2017

Il modello di manutenzione denominato Bridge Management System elabora, attraverso un processo logico schematizzato ad albero decisionale, gli Indici di Rilevanza del Degrado ottenuti e permette di definire i piani di intervento per la singola opera. Definire l'evoluzione storica dello stato di conservazione dell'opera d'arte, confrontare le valutazioni effettuate durante l'ispezione attuale con le considerazioni riportate nelle ispezioni precedenti permette di avere un'immagine completa dell'evoluzione dello stato patologico delle strutture. Soltanto in questo quadro complessivo è possibile valutare in modo preciso l'esecuzione di eventuali interventi di riparazione e quelli di rinforzo delle strutture esistenti.⁶¹

In base al livello di degrado rilevato, per meglio comprendere l'entità del danno, si procede con: monitoraggi continui della patologia, nuove ispezioni approfondite, prove di laboratorio ed in situ distruttive o non distruttive. Se il danno risulta poco esteso e non riguarda il comportamento strutturale dell'opera, si interviene con riparazioni superficiali; se è esteso, è necessario procedere a rinforzi o sostituzioni degli elementi strutturali compromessi.

In base al PMS, la pianificazione e programmazione delle priorità d'intervento dipendono dalla conoscenza della tipologia di dissesto e dalla capacità di saperne proiettarne nel tempo le conseguenze. Per poter realmente fare analisi preventiva bisognerebbe non arrivare a degradi visibili, ma utilizzare rilievi strumentali in grado di indicare la previsione del dissesto. Trattandosi per la maggior parte di pavimentazioni flessibili, i dissesti sono distinti in "superficiali" se riguardano il manto di usura e in "strutturali" se coinvolgono la sovrastruttura. I più comuni, indicati nella procedura operativa, sono:

- fessurazioni (ramificate o a blocchi);
- distorsioni (alterazioni della regolarità della pavimentazione tipo ormaie, depressioni, cedimenti dei margini ecc.);
- pelature e sgranamenti (buche o distacchi di materiale);
- alterazioni del piano di rotolamento degli pneumatici (perdite di aderenza: risalita di bitume, levigatura degli aggregati);
- rappezzi.

Anas mette a disposizione dei tecnici il "Manuale di ispezione - Sorveglianza dello stato della pavimentazione – Ispezioni ricorrenti", in cui sono indicate le modalità di attribuzione degli indici di degrado sopradetti derivanti dalle attività ispettive, le modalità di calcolo, nonché, per ogni tipologia di dissesto, le modalità di identificazione e le cause più probabili.

⁶¹ Cit. ANAS, I QUADERNI TECNICI per la salvaguardia delle infrastrutture, volume VII, 2017

Tipi di ispezioni:

- Ricorrenti: hanno cadenza trimestrale e sono ispezioni visive svolte da un ispettore semplice. Determinano lo stato del piano viabile, dei cedimenti dei terreni, degli elementi strutturali delle infrastrutture;
- Principali: hanno cadenza annuale o sono svolte sulla base di segnalazioni generate durante le ispezioni ricorrenti. Sono ispezioni strumentali e richiedono prove e rilievi coordinate da un Ingegnere con comprovata esperienza. I risultati sono riportati nelle schede di ispezione Principali e documentano i difetti sulle carpenterie metalliche;
- Approfondite: si svolgono a necessità o a seguito di eventi particolari come un sisma che richiede la verifica degli eventuali danni ad elementi strutturali. Sono svolte da un Ingegnere strutturista con un team di specialisti. I risultati vengono raccolti nella scheda di ispezione Approfondita ed eventualmente si aggiorna anche la scheda di ispezione principale, nella quale si esprimono giudizi come:
 - PESSIMO: Elemento non funzionante o comunque con difetti visibili;
 - CATTIVO: Presenza di difetti severi che provocano danni strutturali;
 - MEDIOCRE: Presenza di difetti che provocano danni moderati;
 - DISCRETO: Difetti minori che provocano danni come lo sfogliamento di una vernice o una deformazione permanente;
 - OTTIMO: Non presenta difetti.⁶²

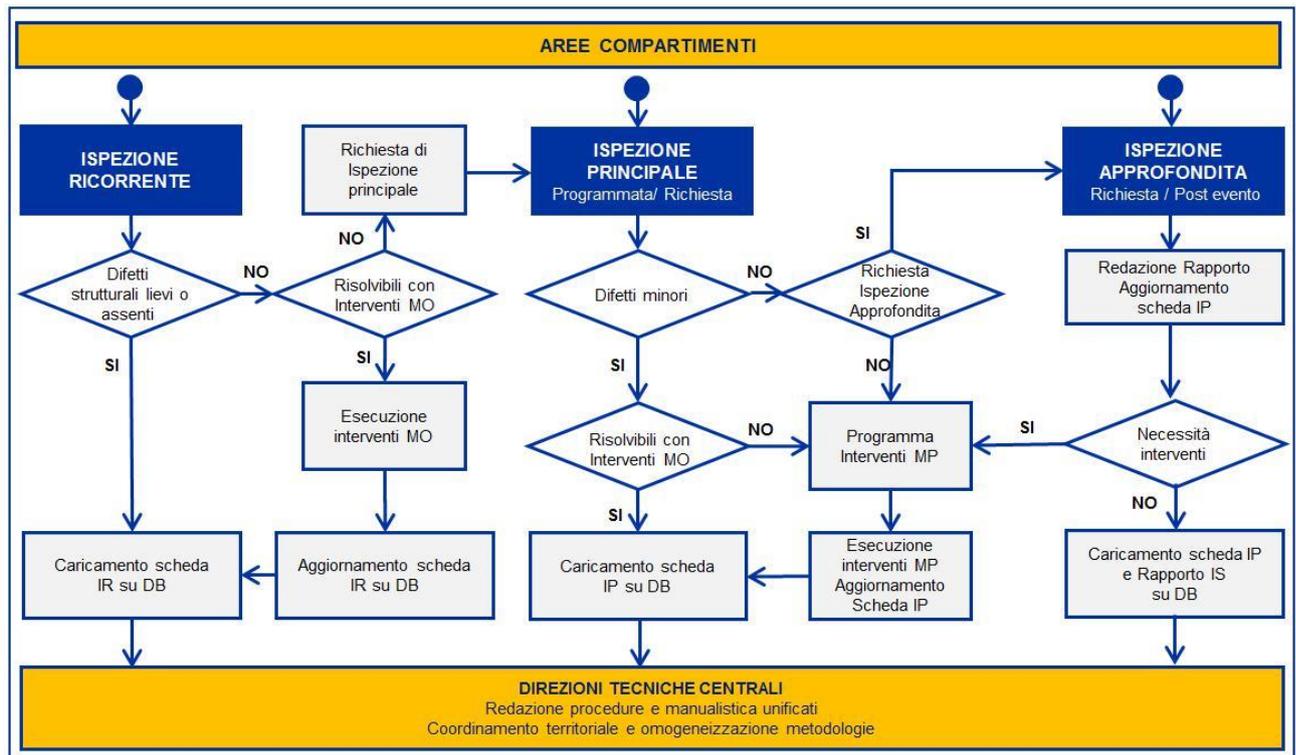
In adempimento alla normativa nazionale in materia di sorveglianza e ispezione delle opere d'arte, è stata predisposta un'apposita procedura per la formalizzazione dell'intero processo ispettivo sulle opere d'arte articolato su tre diversi livelli di approfondimento successivi, come riportato nella tabella sottostante.

| Tipologia | Descrizione | Ispettore | Frequenza |
|-------------------------------|---|--|---|
| Ispezione Ricorrente | Ispezione visiva, senza mezzi speciali, con controllo di: piano viabile, barriere di sicurezza e parapetti, elementi strutturali, appoggi, giunti, drenaggi, cedimenti del terreno, problemi in alveo, erosioni pile/spalle | Sorvegliante (approvata dal tecnico Capo Nucleo) | • Trimestrale |
| Ispezione Principale | Ispezione visiva con uso di mezzi speciali (by bridge) qualora la struttura non consenta un rilievo difettologico di dettaglio | Tecnico del Capo Centro (o Ingegnere incaricato) con eventuale ausilio del sorvegliante | • Annuale per le opere d'arte principali (opere con almeno una campata con luce ≥ 30 metri) • Su segnalazione derivante dalle ispezioni ricorrenti |
| Ispezione Approfondita | Ispezione con uso di strumentazione (per l'esecuzione di indagini e CND) e mezzi speciali, in accordo con quanto previsto nel Progetto di Ispezione e secondo le specifiche necessità di approfondimento | Ingegnere strutturista con squadra di tecnici ed eventuale personale con abilitazioni per specifiche attività | • Su segnalazione derivante dalle ispezioni principali • A seguito di eventi straordinari che richiedono l'utilizzo di strumentali e/o indagini speciali |

Schema tratto da Mannella P., Resp. Ponti, Viadotti e Gallerie Centro-Sud Italia, ANAS Piano Monitoraggio Ponti Viadotti, Webinar 14 Febbraio 2019

⁶²ANAS, I QUADERNI TECNICI per la salvaguardia delle infrastrutture, volume V, 2017

Schema di flusso delle attività di sorveglianza ed ispezione di Anas:



Schema tratto da Mannella P., Resp. Ponti, Viadotti e Gallerie Centro-Sud Italia, ANAS Piano Monitoraggio Ponti Viadotti, 14 Febbraio 2019

5.2.1 Valutazione dello stato di conservazione e delle priorità d'intervento

È dunque chiaro che lo stato di conservazione sia il risultato della fase ispettiva e che i dati ottenuti vengono caricati nei Data Base utilizzati per il BMS. Occorre distinguere però le casistiche: qualora dall'ispezione ricorrente risulti evidenziata una criticità e richiesta un'ispezione principale, si attiveranno preventivamente misure di limitazione del traffico.

Anas utilizza anche specifici strumenti di monitoraggio della superficie stradale realizzati dal proprio centro di ricerca:

- **ERMES** (Equipment for routine evaluation of macrotexture, evenness and skid resistance), consente di rilevare in un unico passaggio tutti i parametri necessari per misurare gli indicatori di performance relativi alle caratteristiche superficiali delle pavimentazioni stradali. Tutte le informazioni sono archiviate in un database georeferenziale con sistema DGPS (Differential global positioning system) e progressiva chilometrica, apparecchiatura di nuova generazione che misura la scivolosità della superficie (nelle condizioni peggiori, cioè sul bagnato) e la regolarità stradale (l'intensità e la frequenza delle vibrazioni indotte sui veicoli che utilizzano la strada);
- **FWD** (Falling Weight Deflectometer by Dynatest), che dispone di una massa battente che sollecita la superficie e ne misura la risposta in termini di bacino di deflessione;

- **TSD** (Traffic Speed Deflectometer), il veicolo più avanzato, che mediante un insieme di laser doppler misura ad alta velocità, senza interferire col traffico, l'abbassamento che subisce la strada sotto il peso esercitato dall'asse posteriore del mezzo.⁶³



L'Indice di Rilevanza del Degrado, utile alla valutazione delle necessità e priorità di intervento di MP, è ricavato dai dati delle Ispezioni Principali.

Le due diverse metodologie sono adottate per la valutazione dello stato di conservazione e delle priorità di azioni e di interventi di manutenzione sulla base delle Ispezioni Principali e delle Ispezioni Ricorrenti. Nei modelli di BMS e PMS, il processo logico, che tiene conto dei fattori sopra elencati, è rappresentato nella figura seguente. Le forzanti di degrado agiscono modificando la velocità di evoluzione dei difetti rilevati in fase di ispezione, sintetizzati nello stato di conservazione attuale.



La **Funzionalità dell'opera** rappresenta la capacità dell'opera di garantire il servizio con continuità e sicurezza in base ai singoli difetti rilevati.

Lo **Stato complessivo dell'opera**, viene valutato attraverso l'Indice di Degrado dell'Opera, che esprime un giudizio di insieme sullo stato di conservazione generale della struttura, in modo da rendere confrontabile le opere tra di loro, anche se di dimensioni molto diverse.

⁶³ <https://www.stradeanas.it/it/il-centro-sperimentale-stradale-di-cesano>

In sintesi, le priorità di intervento – a livello di asset specifico (*Project Level*) – vengono individuate attraverso le seguenti attività:

- esecuzione dell'ispezione principale con rilievo difettologico costituito dall'attribuzione di punteggi di gravità ed estensione dei difetti per ogni elemento strutturale codificato;
- calcolo dell'Indice di Degrado dell'Opera (IDOp), come giudizio complessivo mediato su tutti gli elementi presenti;
- individuazione delle forzanti di degrado, da intendersi come i carichi ambientali e di esercizio cui l'opera è soggetta durante la propria vita utile (in attesa della disponibilità di curve di degrado ottenute come descritto nel paragrafo 3.4);
- calcolo dell'Indice di Evoluzione del Degrado dell'opera (IED), ottenuto dalla combinazione di IDOp e delle forzanti di degrado, che esprime un giudizio di insieme sullo stato attuale e sulla propensione al degrado dell'opera;
- valutazione sintetica della funzionalità dell'opera (IF - Indice di Funzionalità) sulla base dei tre punteggi più gravi rilevati negli elementi strutturali dell'opera;
- calcolo dell'Indice di Rilevanza del Degrado (IRD), indicatore sintetico che esprime l'urgenza dell'intervento sulla base dei suddetti fattori. Tale indicatore è espresso dalla seguente espressione:

$$IRD = IF + 8 \cdot IEDN$$

5.2.2 Valutazione dello stato di conservazione attuale

Per rendere la valutazione di tipo oggettivo e confrontabile, è necessario poter disporre di un parametro rappresentativo non solo dello stato di degrado complessivo dell'opera, ma anche del grado di funzionalità della stessa.

Lo stato di degrado complessivo, che rappresenta in maniera sintetica un giudizio d'insieme sullo stato di conservazione dell'opera, viene, come detto, individuato attraverso l'Indice di Degrado dell'Opera (IDOp).

Durante l'ispezione principale i difetti vengono rilevati in modo codificato in funzione della tipologia del difetto, del tipo e del numero di elementi strutturali che lo presentano (estensione percentuale). Ad ogni difetto è associato un peso dello stesso, in funzione delle conseguenze che il difetto può causare sulla struttura.

Nel Manuale del DB SOAWE (Database di Oracle utilizzato da Anas), l'indice di degrado totale è dato dalla media pesata dell'indice di degrado di ciascun elemento strutturale del manufatto; l'indice di degrado del singolo elemento strutturale (ID_j) è dato da:

$$ID_j = \sum (PV_i \cdot E\%_i)$$

Valutato l'indice di degrado dell'elemento, dove l'indice numerico (PV) rappresenta lo stato di conservazione, l'indice di degrado totale di un'opera (IDT) è dato da:

$$IDT = \sum (ID_j \cdot P_j) / 1000$$

Dove P rappresenta il peso dell'elemento strutturale e l'indice j scorre su tutti gli indici di degrado calcolati per ogni elemento strutturale dell'intera opera.

Per consentire il confronto tra opere anche molto diverse, soprattutto in termini di lunghezza totale (e quindi numero di campate molto differenti), l'indice di degrado può essere riportato alla "campata media" tramite la seguente equazione:

$$IDOp = \frac{IDT}{N_{\text{elementi equivalenti}}}$$

$N_{\text{elementi equivalenti}}$ = numero di campate

Al fine di poter confrontare tra loro indici di degrado provenienti da asset differenti, è possibile ricondurre l'indice nel range 0÷1 attraverso tecniche di normalizzazione; quella prescelta nel caso in esame è sintetizzata nella seguente formula:

$$IDOpN_i = \frac{IDOp_i - IDOp_{\min}}{IDOp_{\max} - IDOp_{\min}}$$

L'Indice di Funzionalità (IF), che esprime sinteticamente la triade dei voti massimi (V_1, V_2, V_3 con $V_1 > V_2 > V_3$), contribuendo alla definizione dell'IRD, indice di rilevanza del degrado sintetico sopra presentato, è dato dalla seguente formula:

$$IF = 8^2 \cdot V_1 + 8^1 \cdot V_2 + 8^0 \cdot V_3$$

5.2.3 Valutazione dello stato di degrado futuro

L'Indice di Evoluzione del degrado (IED) sarà la combinazione di IDOp e forzanti di degrado secondo la formula:

$$IED = IDOp \cdot FD_{\text{vulnerabilità strutturale}} \cdot FD_{\text{interferenze ambientali}} \cdot FD_{\text{fattori di esercizio}}$$

La vulnerabilità strutturale intrinseca esprime la propensione di una data struttura a subire un danno non facilmente rilevabile sulla base di caratteristiche peculiari dell'opera stessa.

Le interferenze ambientali sono fattori influenti sul degrado in quanto indicativi di sollecitazioni negative cui la struttura è sottoposta a causa della specificità territoriale (posizione geografica). In particolare per valutare l'opera secondo questa categoria, sono rilevanti le classi seguenti, già precedentemente delineate:

| Pericolosità | | | Quota | Distanza dal mare | Singolarità di Localizzazione |
|---|--|---|----------------------------|-----------------------|--|
| Sismica | Geologica | Idraulica | | | |
| Zonazione sismica ∩ Vulnerabilità speditiva (Hazus) | Classi di pericolosità come da Mosaicatura ISPRA ∩ Inventario Fenomeni Fransosi (IFFI) | Fascia fluviale interferente come da Mosaicatura ISPRA ∩ Franco Idraulico | Zona I – Alpina (Q1) | D ≤ 500 m (D1) | Prossimità di Acciaierie (SL1) |
| | | | Zona I – Mediterranea (Q2) | 500 m < D ≤ 2 km (D2) | Prossimità di cave (SL2) |
| | | | Zona II (Q3) | D > 2 km (D3) | Prossimità di industrie del sale (SL3) |
| | | | Zona III (Q4) | -- | --- |

- Pericolosità territoriali
 - Sismica (valutata secondo le indicazioni dell'OPCM 3274/03 e 3519/06 indicate nella NTC 2008)
 - Geologica e Idraulica (valutata secondo i dati cartografici della pericolosità da frana dei Piani di Assetto Idrogeologico e della pericolosità idraulica dai PGRA, nell'ambito della partecipazione alla "Cabina di regia" della Struttura di Missione contro il dissesto idrogeologico della Presidenza del Consiglio dei Ministri (DPCM del 27/04/2014))

| ZONA SISMICA ² | Descrizione | Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g) ³ |
|---------------------------|---|--|
| Zona 1 | Zona più pericolosa, possono verificarsi fortissimi terremoti | $a_g > 0,25$ |
| Zona 2 | Possono verificarsi forti terremoti | $0,15 < a_g \leq 0,25$ |
| Zona 3 | Possono verificarsi forti terremoti ma rari | $0,05 < a_g \leq 0,15$ |
| Zona 4 | Zona meno pericolosa, i terremoti sono rari | $a_g \leq 0,05$ |

| | | PERICOLOSITA' DA FRANE | | | | | |
|-----------------|---|------------------------|----|----|----|----|----|
| | | P4 | P3 | P2 | P1 | AA | NC |
| ZONA SISMICA | 1 | AA | AA | AA | AA | AA | A |
| | 2 | AA | AA | A | A | A | MA |
| | 3 | A | MA | MB | MB | MB | MB |
| | 4 | MA | MA | MB | MB | B | B |

| LEGENDA | | PESO |
|---------|-------------|------|
| AA | Molto Alta | 4 |
| A | Alta | 2 |
| MA | Medio Alta | 1,5 |
| MB | Medio Bassa | 1,2 |
| B | Bassa | 1,1 |

Tabella 11: Coefficienti forzanti del degrado per la Zona Sismica e la Pericolosità Geologica.

| PERICOLOSITA' IDRAULICA | | |
|-------------------------|---|-----|
| P3 | A | 1,3 |
| P2 | M | 1,2 |
| P1 | B | 1,1 |

- Quota (valutata secondo le “classi neve” della NTC 2008 e s.m.a, indica le condizioni peggiorative dovute alla neve e all’usura dovuta all’uso delle sostanze antighiaccio)

| Zona NTC | Quota | Peso |
|------------|---------|------|
| I - Alpina | > 200 m | 2,0 |
| I - Alpina | ≤ 200 m | 1,8 |

| Zona NTC | Quota | Peso |
|------------------|---------|------|
| I - Mediterranea | > 200 m | 1,6 |
| I - Mediterranea | ≤ 200 m | 1,3 |

| Zona NTC | Quota | Peso |
|----------|---------|------|
| II | > 200 m | 1,4 |
| II | ≤ 200 m | 1,2 |

| Zona NTC | Quota | Peso |
|----------|---------|------|
| III | > 200 m | 1,1 |
| III | ≤ 200 m | 1,0 |

- Distanza dal mare (la salinità atmosferica corrode le opere in acciaio e cls)

| | Classe | C _{mare} |
|-----------------|--------|-------------------|
| Dc ≤ 500 | A | 2,0 |
| 500 < Dc ≤ 2000 | M | 1,2 |
| Dc ≥ 2000 | B | 1 |

- Singolarità di Localizzazione (presenza di impianti industriali, es. Industrie del sale). Questi infatti possono avere, oltre l’aggravante del trasporto eccezionale, anche la perdita di materiale trasportato, potenzialmente dannoso per l’opera d’arte.

I fattori di esercizio rappresentano le sollecitazioni, aggravanti del degrado, a cui la struttura è sottoposta durante la sua vita utile, in particolare:

- Numero di Corsie per senso di marcia
- Livello del Traffico.

Più il numero delle corsie e delle carreggiate è elevato, più il traffico sarà distribuito, meno la struttura sarà sottoposta a sollecitazione e quindi ad un'evoluzione del degrado. Per tal motivo la condizione più critica risulta essere la strada a carreggiata unica ed una corsia che è quindi caratterizzata dal maggior coefficiente peggiorativo.

Un'opera d'arte soggetta ad un flusso di veicoli maggiore sarà più sollecitata strutturalmente, perciò i livelli di traffico, in particolare quello relativo ai mezzi di trasporto pesanti, influenzano negativamente l'opera, andando ad accelerare il degrado nel tempo.

5.2.4 Valutazione della priorità d'azione

La scheda è composta da una parte anagrafica e da una sezione dedicata al rilievo delle criticità riscontrate durante le attività di ispezione. Nell'anagrafica sono riportate tutte le informazioni necessarie all'individuazione dell'opera in esame, compreso il Codice opera del DB SOAWE, per poter riconoscere l'opera all'interno del BMS e metterla in relazione alle Ispezioni principali. Il sorvegliante che esegue l'ispezione esprime un giudizio qualitativo sullo stato del piano viabile per i seguenti elementi:

- Pavimentazione
- Segnaletica verticale ed orizzontale
- Barriere di sicurezza.

Per ciascun componente strutturale (travi, traversi, solette, pile, spalle, fondazioni, ecc.) il Sorvegliante esprime un giudizio qualitativo sullo stato di conservazione dell'insieme di componenti osservati in una scala da "pessimo" (1 pallino) a "ottimo" (5 pallini). Il giudizio sullo stato di conservazione viene fornito sulla base dell'effetto che il danneggiamento riscontrato può avere sulla sicurezza dell'utenza e sulla fruibilità della strada, come da Tabella seguente.

| Giudizio | Definizione | Descrizione sintetica | Descrizione delle possibili conseguenze |
|----------|-----------------|---|---|
| ○○○○○ | Buono | Difetti assenti o non significativi | I difetti, qualora presenti, non sono tali da evolvere in maniera significativa |
| ○○○○○ | Discreto | Difetti minori che non provocano danni | Le criticità rilevate non sono tali da necessitare un intervento |
| ○○○○○ | Mediocre | Difetti moderati che potrebbero provocare danni | Le criticità riscontrate sono tali da necessitare un intervento a lungo termine |
| ○○○○○ | Cattivo | Difetti severi che provocano danni | Le criticità riscontrate sono tali da richiedere interventi nel medio termine |
| ○○○○○ | Pessimo | Elemento non funzionante | Le criticità sono molto gravi e tali da richiedere interventi immediati (anche temporanei) |

La scheda viene compilata per ogni opera, valutando lo stato di conservazione dell'insieme dei componenti della stessa tipologia presenti in tutte le campate. Nel caso vi siano specifici elementi in stato di degrado evidentemente superiore alla media, viene assegnato il

giudizio di stato di conservazione peggiore. Se sono presenti campate diverse per materiale costruttivo, viene compilata una scheda per ogni tipologia di campata.

Oltre all'espressione del giudizio sullo stato di conservazione, il sorvegliante indica gli eventuali elementi *Non Presenti* siglando la casella NP (ad esempio per impalcati ad arco o a cassoni, l'elemento trasverso non è presente). Nel caso che vi siano elementi strutturali non facilmente visibili nemmeno con l'utilizzo di binocolo, il Sorvegliante dovrà indicarli come "*Non Visibili*" (NV).

Sulla base dei dati rilevati mediante le schede viene effettuato il calcolo di indici significativi dello stato di conservazione complessivo dell'opera ispezionata.

A ciascun giudizio qualitativo applicabile ai componenti è stato attribuito un indice numerico (PV) crescente con la bontà dello stato di conservazione:

| Giudizio | Definizione | PV |
|----------|-------------|----|
| OOOOO | Buono | 10 |
| OOOO | Discreto | 7 |
| OOO | Mediocre | 4 |
| OO | Cattivo | 2 |
| O | Pessimo | 1 |

A ciascuna tipologia di elemento strutturale è stato attribuito un Peso (PElem)

| Elemento | P _{Elem.} |
|-------------------------|--------------------|
| Travi / cassoni / archi | 8 |
| Trasversi | 4 |
| Solette | 4 |
| Cordoli | 3 |
| Sbalzi | 4 |
| Appoggi | 1 |
| Pile/piloni | 6 |
| Pulvini | 6 |
| Spalle | 4 |
| Giunti | 2 |
| Sistema di drenaggio | 2 |
| Fondazioni | 6 |
| Antenne / stralli | 8 |

Viene calcolato l'Indice di Stato reale (ISR) come da seguente formula:

$$IS_R = 10 \frac{\sum PV \times P_{Elem}}{\sum P_{Elem}}$$

Questo indice esprime un giudizio sullo stato di conservazione dell'opera sulla base solo delle valutazioni degli elementi per i quali è stato possibile effettuare la valutazione dello stato di conservazione. Essendo l'ispezione in oggetto di tipo speditivo, è possibile che non tutti i componenti strutturali dell'opera siano visibili e valutabili.

Il valore finale dell'Indice di Stato dell'Opera (ISop) deve tenere conto anche di questa eventualità.

A questo scopo viene definito come primo passo il Coefficiente di Confidenza, espresso come:

$$CC = 100 \left(\frac{\sum P_{Elem,ISP}}{\sum P_{Elem,TOT}} \right)$$

Per valutare l'Indice di Stato dell'Opera finale (ISop) si calcola la media pesata tra il ISR e la peggiore situazione possibile per l'opera, individuata dall'Indice di Stato minimo (ISmin), che viene calcolato come il ISR – nella formula - attribuendo a tutti gli elementi strutturali esistenti ma non ispezionati il giudizio peggiore (1 pallino con PV=1).

L'indice di valutazione finale dell'opera è dato quindi dalla seguente equazione, che tiene conto anche del Coefficiente di Confidenza CC:

$$ISop = \left(\frac{100ID_R + CC \cdot IS_{min}}{100 + CC} \right)$$

Sulla base del valore assunto dall'ISop, si dovrà prevedere una azione o un intervento con urgenza o nel breve, medio o lungo periodo.

| | | ID_{op} |
|--|------------------------|------------------------|
| | AZIONE URGENTE | $IS_{op} \leq 30$ |
| | AZIONE A BREVE TERMINE | $30 < IS_{op} \leq 40$ |
| | AZIONE MEDIO TERMINE | $40 < IS_{op} \leq 60$ |
| | AZIONE A LUNGO TERMINE | $IS_{op} > 60$ |

I calcoli suddetti sono realizzati attraverso un software di *Business Intelligence Analysis*. In particolare, per l'Indice di Rilevanza del Degrado e dei valori ad esso correlati è stato implementato all'interno di questo un ulteriore motore di calcolo.

I Data Base attualmente in uso da Anas sono invece: SOAWE, Mos IDEA, Geo ANAS Area, ecc.

Per il futuro, con l'acquisizione di una serie di dati storici sullo stato di conservazione, la previsione dello stato di degrado sarà sempre più affidabile grazie a modelli BMS e PMS che

restituiranno la previsione dello stato di conservazione nel tempo a lungo termine mediante l'applicazione di “curve di degrado”, che possono essere oggetto anche di benchmarking.

CONCLUSIONI

Eeguire una corretta manutenzione delle infrastrutture, significa salvaguardare la sicurezza, l'ambiente, ma anche l'economia del nostro paese. Viviamo un periodo storico in cui purtroppo abbiamo assistito troppo spesso a tragiche notizie di disastri dovuti a crolli di infrastrutture, basti pensare che in Italia dal 2013 ad oggi sono crollati ben dieci ponti tra cui il noto ponte Morandi di Genova, costruito 51 anni prima.

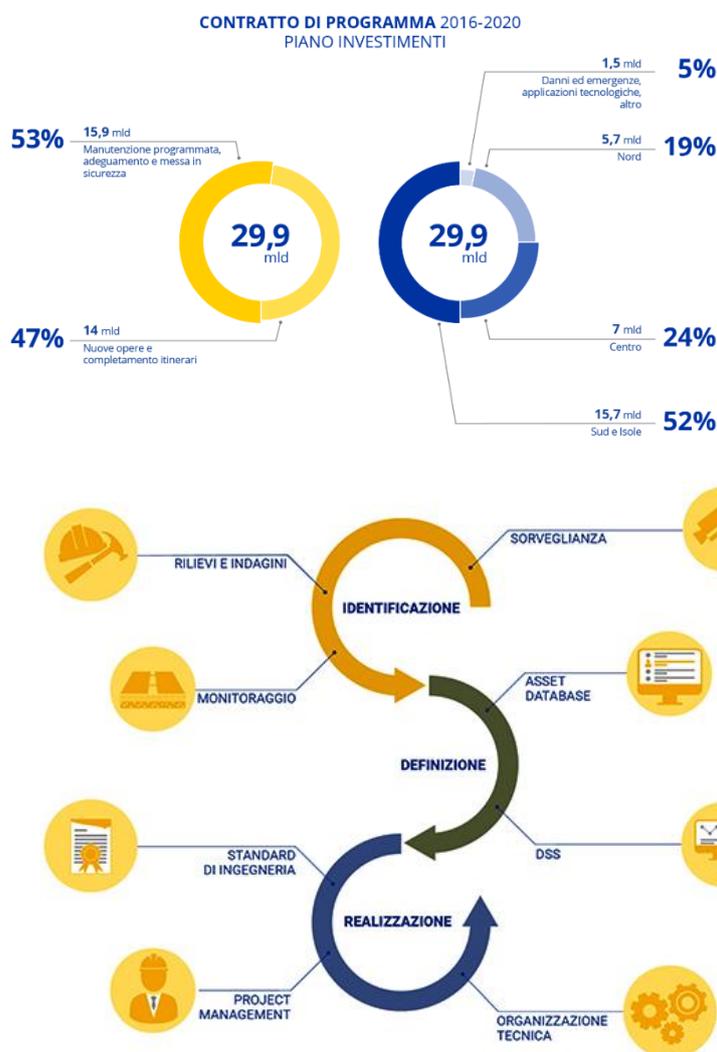
Le misure nel Decreto semplificazioni approvato dal Governo - ha affermato la Ministra De Micheli nel corso del webinar "Manutenzione stradale – best practices" tenutosi il giorno 8.07.2020 - accelerano anche i cantieri per la manutenzione e la sicurezza delle strade. "La seconda altra gamba di Italia Veloce – ha aggiunto – il piano di opere prioritarie che possono essere velocizzate, è la cura delle infrastrutture che abbiamo ereditato, che già sono esistenti, perché l'Italia negli anni '60 e '70 è stata dotata di un patrimonio straordinario di infrastrutture. Serve una programmazione delle manutenzioni – ha fatto notare - sulla base di valutazioni oggettive del rischio per tutti i gestori, per questo abbiamo introdotto linee guida unitarie per la manutenzione dei viadotti e delle gallerie. Le grandi stazioni appaltanti devono aprire tanti cantieri per ragioni di sicurezza e di strategicità e anche perché una quota delle risorse finanziarie del Recovery Fund potrà essere destinate a questo scopo. La programmazione non deve essere spinta da natura emotiva, ma bisogna fare un'analisi della valutazione dei rischi per individuare le priorità di intervento, poiché le opere non sono tutte uguali e di conseguenza per ciascuna, se ne stabiliscono le priorità".

In controtendenza col passato e con la logica degli interventi saltuari, oggi le strategie di investimento per lo sviluppo della mobilità di Anas sono dunque volte alla trasformazione della manutenzione straordinaria in programmata. Finalmente l'azione manutentiva non è volta a risolvere criticità esistenti ma, sulla base di una programmazione pluriennale, è possibile colmare il gap nella manutenzione accumulato negli anni, nonché prevenire nuove criticità. Ciò comporta un potenziamento della rete nel rispetto di standard qualitativi rivolti anche ad un basso impatto ambientale, senza cioè ulteriore consumo di suolo, tenendo conto delle reali condizioni delle infrastrutture, frutto di continue rilevazioni e di analisi del rischio sempre in aggiornamento.

A testimonianza di questa nuova tendenza, è il più importante Contratto di programma mai approvato nell'ambito del piano «CONNETTERE L'ITALIA» voluto dal MIT.

Nel Contratto di Programma tra MIT e Anas per il quinquennio 2016-2020, su 29,9 miliardi di finanziati, il 53% è stato destinato a manutenzione programmata, adeguamento e messa in sicurezza della rete stradale: dal corpo stradale alle opere d'arte, dalle barriere guard-rail alla segnaletica orizzontale e verticale, dall'illuminazione agli impianti tecnologici. Solo

un 5% è stato destinato a danni ed emergenze, come illustrato nel diagramma seguente. Il Contratto è il prerequisito per un efficace processo di pianificazione, investimenti e programmazione interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria. In tale prospettiva Anas effettua continue attività di: Sorveglianza, Rilievo e indagine e Monitoraggio⁶⁴.



Tratto da Sito ufficiale ANAS – La cura delle strade

Il sistema di censimento, analisi, ispezione e sorveglianza delle infrastrutture, determinante per questa nuova strategia è in corso di ristrutturazione attraverso una standardizzazione delle procedure di certificazione degli ispettori stessi, contati, nel 2019 in 110 per 3900 visite sulle strutture nel 2019, con l'integrazione in via sperimentale di un sistema di monitoraggio elettronico articolato su più livelli di controllo: un primo di tipo elettronico attraverso sensori gestiti ad un algoritmo ad intelligenza artificiale in grado di segnalare le anomalie; un secondo ed un terzo, gerarchicamente ordinati che si innescano solo sulle opere di segnalata anomalia, individueranno rispettivamente gli aspetti quantitativi e di dettaglio delle opere.

⁶⁴ Assunto S., *Presentazione: Le buone pratiche per il segnalamento stradale*, Convention Anas 2019

Giacché il 70% delle gallerie ha un'età superiore a vent'anni, una sorveglianza periodica a cadenza trimestrale (screening visivo) è invece istituita su tutte le gallerie in esercizio considerando tre macrocategorie:

- 1) Struttura
- 2) Piano viabile
- 3) Impianti.⁶⁵

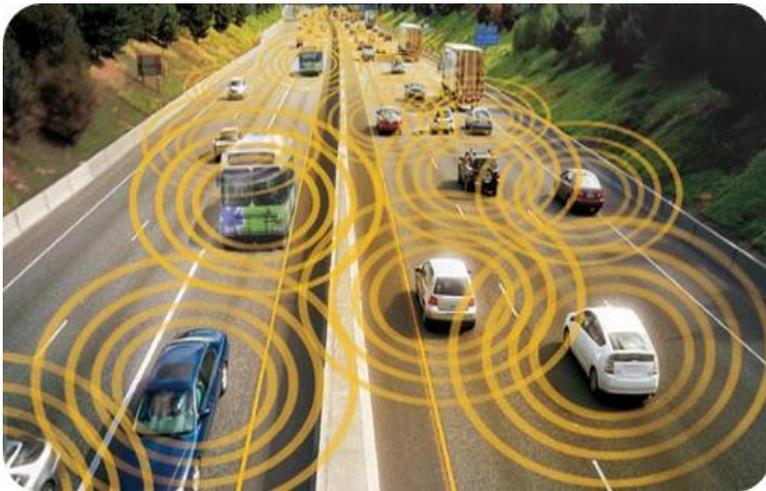
In dotazione al personale, è un applicativo informatico che genera automaticamente gli ISOP (Indici di Stato dell'Opera), ossia una reportistica automatica dello stato di conservazione. La modulistica per il controllo delle opere stradali si basa sulla relativa normativa italiana, ossia su nulla di più recente delle circolari ministeriali 19/07/1967 e 25/02/1991. Sulla base di tutte le attività di sorveglianza ed ispezione, vengono pianificate le priorità degli interventi attraverso la redazione di un piano di indagini contenente rilievi e prove in situ e di laboratorio.

È in via di sperimentazione anche un programma di "ispezioni digitali". Nelle prime battute del 2020 ANAS ha pubblicato quattro bandi di gara, da tre milioni ciascuno per il monitoraggio strumentale di ponti e viadotti, con l'obiettivo di effettuare misurazioni in continuo delle caratteristiche dinamiche delle opere della sola area Cilentina della Campania, per individuare eventuali variazioni del comportamento strutturale di circa 100 opere. I sensori integreranno le periodiche attività di sorveglianza eseguite dai tecnici ANAS e dovranno assicurare la massima sicurezza agli automobilisti. Oltre a quanto messo già in campo, lo spirito di Anas è quello di volgere lo sguardo sempre più verso il futuro, ossia verso la combinazione tra sostenibilità e tecnologia a favore dell'efficienza, evolvendo le forme di controllo e ispezione.

Verranno implementati sistemi di connettività sia Wired che Wireless di diversa tipologia per permettere la connettività a persone, veicoli ed oggetti. Le persone si conetteranno attraverso dispositivi mobile in Wi-Fi e, a loro volta, i veicoli, nel prossimo futuro, si conetteranno con le On Board Unit agli Access Point dedicati alla comunicazione Vehicle To Infrastructure, ed attraverso la tecnologia IoT saranno connessi oggetti atti alla gestione e controllo delle infrastrutture stradali.

Questo progetto sperimentale riguarderà 300 km di strade di Lombardia Mobilità S.p.A., gli itinerari coinvolti saranno altresì: A2 – GRA - Roma Fiumicino – A19 – E45/E55 per un investimento complessivo di 160 milioni di euro.

⁶⁵ <https://www.stradeanas.it/it/focus-manutenzione>



- Sistema wired
- Hot Spot WIFI (Utenti e Veicoli)
- Sistema di comunicazione fra Veicoli e strada
- Controllo e gestione delle infrastrutture con tecnologia IoT
- Sistemi Green per la generazione di energia

Proposte migliorative⁶⁶

Il 22 Giugno 2016, il MIT ha presentato uno studio preliminare, “Standard funzionali” per le Smart Road, rivolti all’evoluzione del processo di digitalizzazione delle strade a livello nazionale. La Smart Road è l’evoluzione del concetto di strada, da opera civile a infrastruttura tecnologica. Richiede l’applicazione di sistemi di connettività con l’utente della strada e fra veicoli ed infrastruttura attraverso due sistemi wireless, che permetteranno la connessione in movimento degli utenti sui veicoli e dei veicoli con i sistemi lungo l’infrastruttura.

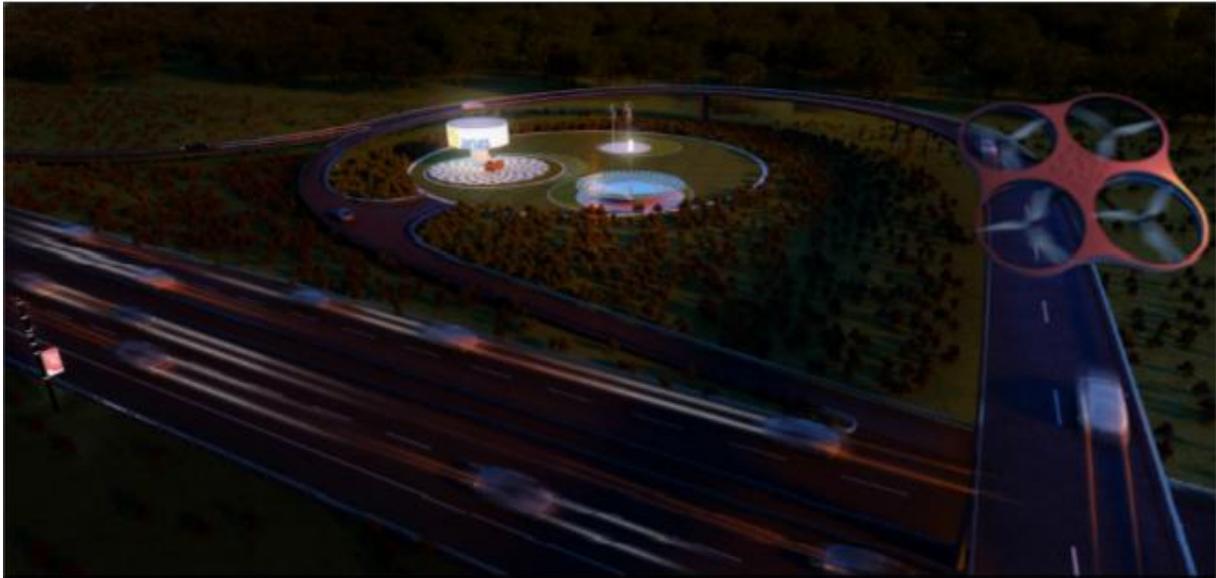
La scelta di Anas è di sperimentare la realizzazione di una rete dedicata Wi-Fi, funzionante fino ad una velocità di tratta pari a 130 km/h, che permetta la connessione di mobile devices dell’utente ad una rete intranet dedicata ai soli servizi Smart Road.



- SMART ROAD
- SMART CITY
- INFOMOBILITA'
- GREEN LIGHT
- BANDA LARGA

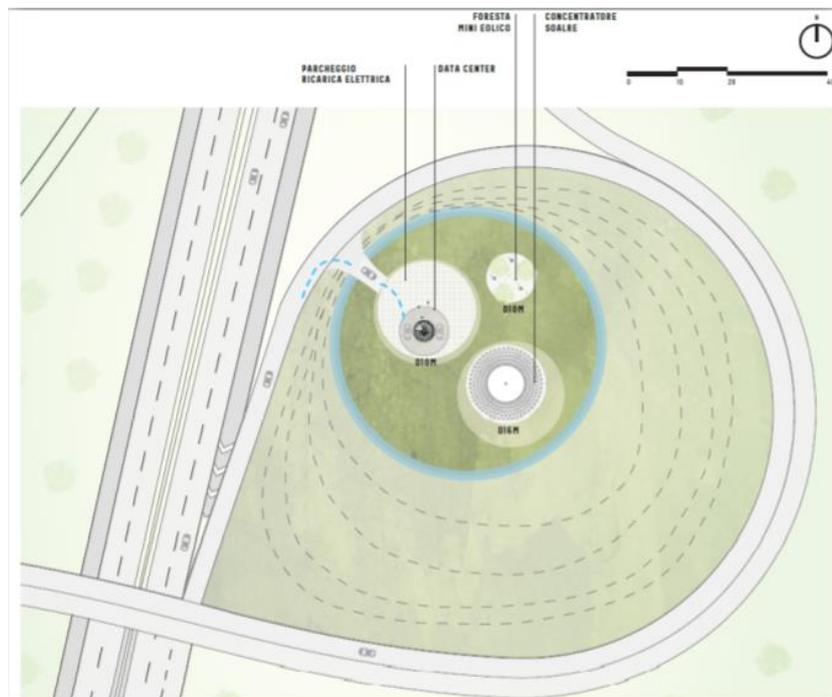
⁶⁶ <https://www.stradeanas.it/it/lazienda/attivita%3%A0/documenti-tecnici>
 Direzione Operation e Coordinamento Territoriale Infrastruttura Tecnologica e Impianti, SMART ROAD BOOK, La strada all'avanguardia che corre con il progresso

Per la generazione di energia, si prevede, in apposite aree denominate Green Island, la costruzione di impianti di generazione elettrica da fonti rinnovabili, con una connessione alla rete elettrica nazionale, un sistema di trasformazione ed un sistema di distribuzione dell'energia elettrica.



Rappresentazione di una Green Island

Lungo la strada, invece, l'architettura elettrica prevede un sistema di distribuzione adatto ad alimentare tutte le tecnologie della Smart Road, tra cui le cosiddette "postazioni polifunzionali". La distribuzione dell'energia alle postazioni polifunzionali verrebbe effettuata, così, per mezzo di due dorsali trifase senza neutro a 1000 Vac, di 15 km, che alimentano i carichi distribuiti in destra e sinistra rispetto alla posizione della "Green Island", per un tratto stradale o autostradale complessivo di 30 km. La potenza massima installata in ciascuna postazione polifunzionale è di circa 60 W.



Schema rappresentativo di una Green Island

Il piano prevede tre fasi: la prima di avvio su delle tratte pilota, per un investimento di 225 milioni, con lavori iniziati nel 2016 e ad oggi considerati in prospettiva di risoluzione; una seconda fase da 365 milioni ed una terza da 210 milioni che devono invece essere ancora finanziate e bandite.

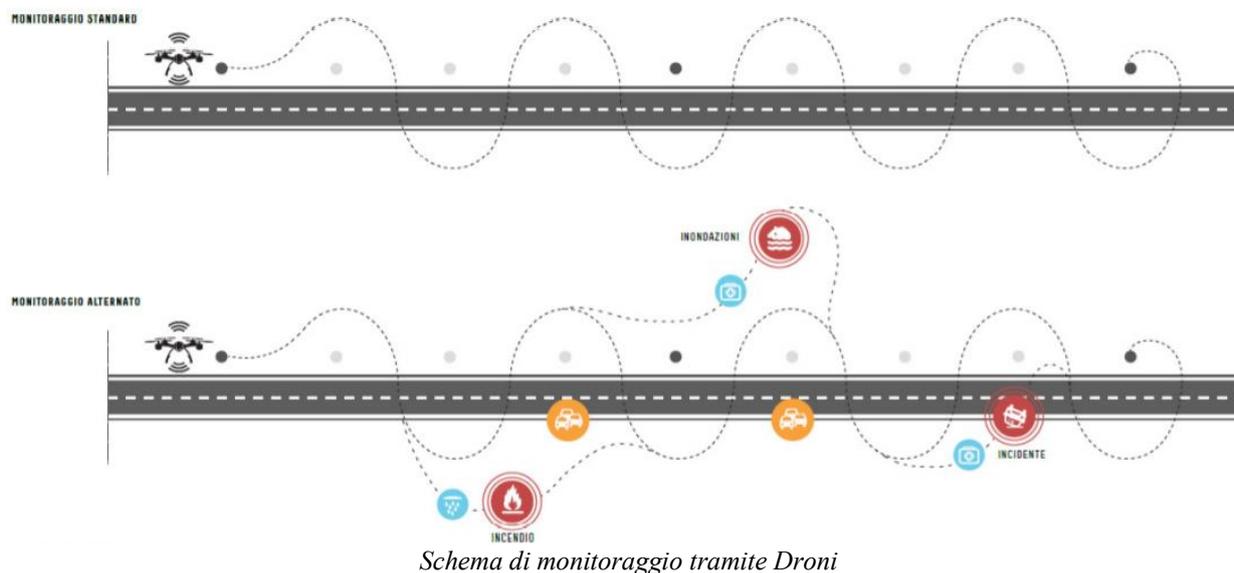
Dalle Smart Road ci si aspetta un'attività di Structural Health Monitoring (SHM) che consentirà di acquisire e trasferire in tempo reale ai database in essere, le informazioni sullo stato d'arte dell'infrastruttura, per applicare la manutenzione pianificata, quali:

- Piano viabile;
- Barriere stradali (Guard Rail, New Jersey e Barriere Mobili);
- Ponti / Viadotti;
- Gallerie;
- Versanti instabili;
- Ambiente;
- Aree di sosta;
- Cantieri;
- Traffico.

| "Strutture" di monitoraggio | Variabili da misurare | Sensori | Frequenza della misura | Gestione emergenze |
|-----------------------------|--|-------------------------------|---|---|
| Aree di sosta | Presenza veicolo | • SENSORE SMART PARKING | Bigiornaliera. Continua in caso di raggiungimento della soglia di attenzione | Allarme automatico in caso di raggiungimento della soglia di criticità; |
| Cantieri | Geolocalizzazione dell'inizio, fine e lunghezza cantiere | • SMART TRACER ROAD WORK | Bigiornaliera. Continua in caso di raggiungimento della soglia di attenzione | Allarme automatico in caso di raggiungimento della soglia di criticità; |
| Traffico | <ul style="list-style-type: none"> • Dati di traffico • Eventi pericolosi • Situazioni critiche su strada • Lettura ed il riconoscimento di targhe | • MULTI-FUNCTION SMART CAMERA | Bigiornaliera. Continua in caso di raggiungimento della soglia di attenzione | Allarme automatico in caso di raggiungimento della soglia di criticità; |
| Muri di Sostegno | Spostamenti generalizzati | • INCLINOMETRO | Bigiornaliera. Continua in caso di raggiungimento della soglia di attenzione | Allarme automatico in caso di raggiungimento della soglia di criticità; |
| Fondazioni in alveo | <ul style="list-style-type: none"> • Scalzamento con misura combinata di stati deformativi locali • Spostamenti generalizzati • Vibrazioni | • INCLINOMETRO | Bigiornaliera. Continua in caso di raggiungimento della soglia di attenzione | Allarme automatico in caso di raggiungimento della soglia di criticità; |

| "Strutture" di monitoraggio | Variabili da misurare | Sensori | Frequenza della misura | Gestione emergenze |
|--|---|---|--|--|
| Piano viabile | <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura piano viabile • Asciutto • Umido • Bagnato • Neve • Ghiaccio • Sale residuo • Temperatura • Umidità critica | <ul style="list-style-type: none"> • SENSORE TEMPERATURA • SENSORE STATO ASFALTO • MICROFONO ASSOCIATO AD ACCELEROMETRO (per la rilevazione delle vibrazioni e lo spettro del rumore) | Bigiornaliera. Continua in caso di raggiungimento della soglia di attenzione | Allarme automatico in caso di raggiungimento della soglia di criticità |
| Barriere stradali (Guard Rail, New Jersey e Barriere Mobili) | <ul style="list-style-type: none"> • Vibrazioni • Distanza veicoli • Spostamenti generalizzati | <ul style="list-style-type: none"> • ACCELEROMETRO • SENSORE DI PROSSIMITÀ AD ULTRASUONI • MICROFONO ASSOCIATO AD ACCELEROMETRO (per rilevare le vibrazioni e lo spettro del rumore) | Bigiornaliera. Continua in caso di raggiungimento della soglia di attenzione | Allarme automatico in caso di raggiungimento della soglia di criticità |
| Ponti / Viadotti: impalcati | <ul style="list-style-type: none"> • Vibrazioni • Inclinazione • Spostamenti generalizzati • Stati deformativi locali • Pressione | <ul style="list-style-type: none"> • ACCELEROMETRO • INCLINOMETRO • FESSURIMETRO • CELLA DIPRESSIONE • ESTENSIMETRO | Bigiornaliera. Continua in caso di raggiungimento della soglia di attenzione | Allarme automatico in caso di raggiungimento della soglia di criticità |
| Ponti / Viadotti: Pile e spalle | <ul style="list-style-type: none"> • Spostamenti generalizzati • Stati deformativi locali | <ul style="list-style-type: none"> • ACCELEROMETRO • INCLINOMETRO | Bigiornaliera. Continua in caso di raggiungimento della soglia di attenzione | Allarme automatico in caso di raggiungimento della soglia di criticità |
| Gallerie | <ul style="list-style-type: none"> • Spostamento relativo tra due punti • Stati deformativi locali • Pressione • Spostamenti generalizzati | <ul style="list-style-type: none"> • FESSURIMETRO ELETTRICO • INCLINOMETRO • ESTENSIMETRO • CELLA DI PRESSIONE • INTERFEROMETRO TERRESTRE | Bigiornaliera. Continua in caso di raggiungimento della soglia di attenzione | Allarme automatico in caso di raggiungimento della soglia di criticità |
| Versanti instabili | <ul style="list-style-type: none"> • Movimenti anomali • Cedimenti verticali • Livello di falda | <ul style="list-style-type: none"> • INCLINOMETRO • ASSESTIMETRO MAGNETICO • PIEZOMETRO ELETTRICO | Bigiornaliera. Continua in caso di raggiungimento della soglia di attenzione | Allarme automatico in caso di raggiungimento della soglia di criticità |
| Ambiente | <ul style="list-style-type: none"> • Livelli di rumore • CO, CO₂, NO, NO₂ • Particolato Temperatura, umidità e pressione dell'aria • Luminosità | <ul style="list-style-type: none"> • SENSORE PER CONTROLLO RUMORE • SENSORE PER LA MISURA QUALITÀ DELL'ARIA • STAZIONE METEO • SENSORE PER LA MISURA QUALITÀ DELL'ARIA • SENSORE DI LUMINOSITÀ | Bigiornaliera. Continua in caso di raggiungimento della soglia di attenzione | Allarme automatico in caso di raggiungimento della soglia di criticità |

Il sistema fornisce, inoltre, informazioni utili per il tracking di veicoli d'interesse come ad esempio nel caso di trasporti eccezionali o di trasporto merci pericolose al fine di poter monitorare il veicolo lungo il tratto di interesse.



Oltre al vantaggio in termini di snellimento delle operazioni di ispezione manutentiva, i sistemi IoT (Internet of Things), consentiranno a lungo termine una manutenzione intelligente dell'infrastruttura attraverso un'interazione con gli utenti per mezzo di un sistema di connettività in grado di informarli sullo stato di esercizio dell'opera, come ad esempio il monitoraggio dei flussi veicolari di traffico attraverso delle Multi Function Smart Camera e la verifica delle masse veicolari attraverso sistemi di Weight Motion (WM).

L'utilizzo dei sistemi intelligenti finora realizzati, sia a livello urbano che extraurbano, ha permesso di valutare, in modo tangibile, i benefici apportati dagli ITS (Intelligent Transport Systems), introdotti dalla Direttiva 2010/40/UE, in diversi Paesi, sia negli Stati Uniti che in Europa, quali:

- Riduzione dei tempi di spostamento nell'ordine del 20%;
- Aumenti della capacità della rete del 5÷10%;
- Diminuzione del numero di incidenti del 10÷15%;
- Diminuzione delle congestioni del 15%;
- Riduzione delle emissioni inquinanti del 10%;
- Riduzione dei consumi energetici del 12%.

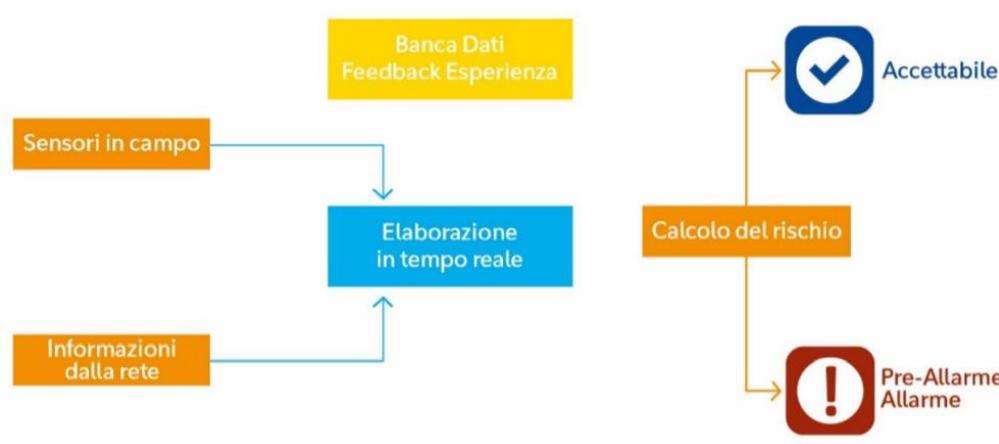
I sistemi e le piattaforme digitali abilitanti della Smart Road Anas permetteranno il dialogo Vehicle To Infrastructure (V2I) e faciliteranno le comunicazioni Vehicle To Vehicle (V2V), accelerando l'introduzione di sistemi a guida assistita e la circolazione delle Self Driving Cars.

Integrati alle Smart Road saranno i Smart Tunnel, sistemi di supervisione e controllo della galleria.

La piattaforma calcola il livello di sicurezza relativa a due macrocategorie:

- eventi pericolosi come: Incidente generico; Incendio; Incidente merci pericolose;
- variabili di calcolo quali: Flusso di traffico; Efficienza dei sistemi; Velocità di progetto; Percentuale di veicoli pesanti; Caratteristiche geometriche della galleria; Congestione; Variazione delle condizioni meteo (vento-pioggia-nebbia); Variazione efficienza degli impianti; Variazione della velocità di percorrenza media; Distanza di sicurezza media (prima della galleria); Luminanza esterna; Temperatura e umidità dell'aria all'esterno ed in galleria; Concentrazione dei prodotti della combustione-visibilità;

La piattaforma software, nota la distribuzione del traffico, deve calcolare il rischio istantaneo su una base inferiore a 60 secondi in continuo, nonché il rischio cumulato sulla giornata o su un anno.



Rappresentazione di possibile modello per Smart Tunnel

In parallelo alle prospettive di IoT, il tema della sostenibilità in diretta attuazione, che inciderà sui tempi di opere e controlli manutentivi, riguarda il Greenlight, si tratta del progetto Anas di sostituzione dei corpi illuminanti obsoleti nelle gallerie con i LED, suddiviso per macroaree territoriali relative all'accordo quadro triennale per l'efficienza energetica delle gallerie. Su 700 gallerie appartenenti al territorio nazionale, il piano prevede un investimento di 155 milioni e consta di due fasi: una prima di circa 45 milioni, già terminata nel triennio 2017-2019, ed una seconda di 110 milioni che sarà attivata successivamente.⁶⁷

⁶⁷<https://www.stradeanas.it/it/sostenibilit%C3%A0/anas-lambiente/i-progetti/riduzione-consumi-energetici>

Riflessioni

“La manutenzione – ha detto il Presidente di Anas, Claudio Andrea Gemme intervenendo alla sessione - oltre ad essere un elemento principale per la sicurezza della rete ha una serie di pregi che in una fase di rilancio dell’economia rappresenta una variabile significativa. Ha una attivazione rapida, 3-6 mesi, non necessita di particolari autorizzazioni, ha un impatto immediato sul PIL con rapido impiego di risorse umane, forniture e fatturati per cantieri. Oltre a innalzare i livelli di comfort e sicurezza, aumenta la capacità trasportistica, senza consumare territorio, con basso impatto ambientale”. La buona manutenzione riduce di circa il 50% gli incidenti stradali.

La manutenzione non è una grande opera, ma rende un’opera grande.

BIBLIOGRAFIA

Nietzche F., La gaia scienza e idilli di Messina, Adelphi, Milano, 1965 e 1977

Ferrari G., Manutenzione, Franco Angeli, 2007

Furlanetto L., Manuale di manutenzione degli impianti industriali e servizi, Franco Angeli, Milano, 1998

Iannaccone W., Ingegneria di manutenzione, Franco Angeli, 2007

Rulli M., Il facility management, Geopunto (rivista) 80/2018, Editore: Collegio Provinciale dei Geometri e dei Geometri Laureati di Roma, 2018

Paganin G., Sistemi di Gestione per il Facility Management in Manutenzione T&M, luglio/agosto 2018

Maspoli R., I sistemi informativi per la manutenzione, in Manutenzione e gestione sostenibile dell'ambiente urbano. Quaderno del Laboratorio QSM, Ladiana D., Alinea, 2007.

Nazca, Guida alle soluzioni tecnologiche per ottimizzare i servizi di Facility Management, White Paper, 2018

Adrodegari F., Sacconi N., Innovare la manutenzione nell'epoca dell'internet of things, in Manutenzione T&M, aprile 2018

Testo Unico per l'Edilizia, *d.P.R. 380/2001 - Art. 3*

Molinari C., Manutenzione in edilizia, nozioni, problemi, prospettive, Franco Angeli, Milano 1989

Zanardi B., La guerra contro la natura, in Kermes 96. La rivista del restauro, Nardini, 2014

Bertolini C., Maspoli R., Progettare la manutenzione del patrimonio industriale – Processi e metodi della manutenzione del recupero edilizio – I significati di “Manutenzione” in Master E-MOTION. Modulo 5, Giugno 2005

Molinari C., Procedimenti e metodi della manutenzione edilizia. Claudio Molinari Sistemi Editoriali, 2002

Guide des contrats de maintenance des batiments publics. Certu Ministère de l'équipement, des transports et du logement, Mars 1999

Presidenza del Consiglio dei Ministri, Guida pratica per i contratti di servizi e forniture, 2011

Maspoli R., I sistemi informativi per la manutenzione, in Manutenzione e gestione sostenibile dell'ambiente urbano. Quaderno del Laboratorio QSM, Ladiana D., Alinea, 2007

Maspoli R., S.I.M.E. - Sistema Informativo per la manutenzione edilizia, Alinea, 1995

Cattaneo M. Cultura di manutenzione, Alinea, 2007

DPR 207/2010 art. 38

Annunziata F., Coni M., Maltinti F., Pinna F., Portas S., Progettazione stradale integrata, Zanichelli, Bologna, 2004

Santagata F. A., Strade teoria e tecnica delle costruzioni stradali vol.2, Pearson Italia, Milano, Torino 2016

Marchionna A., Perco P., Potenzialità offerte dal Diagramma delle Velocità Operative nella definizione degli interventi di adeguamento delle strade esistenti, in XVI Convegno Nazionale S.I.I.V. 10/2006.

Assunto S., Presentazione: Le buone pratiche per il segnalamento stradale, Convention Anas 2019

ANAS, I QUADERNI TECNICI per la salvaguardia delle infrastrutture, volume V, 2017

ANAS, I QUADERNI TECNICI per la salvaguardia delle infrastrutture, volume VII, 2017

SITOGRAFIA

<https://www.tuscancreative.it/it/risanamento-restauro-conservativo/>

<https://www.suggerimentimmobiliari.it/dalla-caverna-al-grattacielo-evoluzione-della->

[casa-nel-tempo/](https://www.suggerimentimmobiliari.it/dalla-caverna-al-grattacielo-evoluzione-della-casa-nel-tempo/) B. Togni Dalla caverna al grattacielo: evoluzione della casa nel tempo, 20 Settembre

2018

<http://biblus.acca.it/focus/piani-manutenzione/>

<https://www.ingenio-web.it/20023-livelli-di-progettazione>

<https://www.stradeanas.it/it/focus-manutenzione>

<https://www.stradeanas.it/it/il-centro-sperimentale-stradale-di-cesano>

<https://www.stradeanas.it/it/lazienda/attivit%C3%A0/documenti-tecnici>

<https://www.stradeanas.it/it/sostenibilit%C3%A0/anas-lambiente/i-progetti/riduzione-consumi-energetici>