

DURABILITA': VITA UTILE (O DURATA) E AFFIDABILITA'

I subsistemi tecnologici e gli elementi tecnici devono resistere per un **tempo definito**, **senza subire danni** tali da compromettere le prestazioni caratteristiche, alle sollecitazioni indotte dai vari **agenti sollecitanti**.

La propensione prestazionale del componente, corrispondente al **requisito di durabilità**, può dedursi dalla conoscenza

- della **durata o vita utile** del componente
- accompagnata dalla **affidabilità** del componente stesso.

Ricordando che definiamo la durabilità come:

Capacità di un edificio o delle sue parti di svolgere le funzioni richieste durante un periodo di tempo specificato, sotto l'influenza degli agenti previsti in esercizio,

e intenderemo per
durabilità di un **prodotto** per l'edilizia:

la capacità di un prodotto di mantenere i livelli delle prestazioni e delle caratteristiche funzionali richieste nel tempo, sotto l'influenza di azioni prevedibili.

e per
requisito di durabilità

la traduzione di un requisito tecnologico nelle caratteristiche di **durata** e di **affidabilità** che connotano un elemento tecnico per il soddisfacimento del requisito stesso.

Per

Affidabilità di un elemento tecnico o di un sistema tecnologico intendiamo:

la **probabilità** che il sistema o l'elemento funzioni senza guastarsi ad un livello predisposto, per un certo tempo T e in predeterminate condizioni ambientali.

DURATA O VITA UTILE

Intenderemo per

VITA UTILE (SERVICE LIFE)

il periodo di tempo dopo l'installazione durante il quale l'edificio o le sue parti mantengono livelli prestazionali superiori o uguali ai limiti di accettazione;

per

VITA UTILE DI RIFERIMENTO (REFERENCE SERVICE LIFE)

la vita utile dell'edificio o delle sue parti prevista in definite condizioni d'uso di riferimento (**condizioni standard**);

per

VITA UTILE STIMATA (ESTIMATED SERVICE LIFE)

la vita utile, dell'edificio o delle sue parti, prevista in definite condizioni d'uso, calcolata correggendo le condizioni di riferimento in funzione di materiali, progetto, ambiente, condizioni d'uso e manutenzione

e per

VITA UTILE DI PROGETTO (DESIGN LIFE)

la vita utile definita nella fase di progettazione.

METODI PER LA VALUTAZIONE DELLA VITA UTILE (UNI 11156)

Per la valutazione della **vita utile** (service life) di componenti per l'edilizia utilizziamo un metodo che si basa sui seguenti punti:

- **definizione:**

delle esigenze degli utenti e dei requisiti tecnologici connotanti l'elemento tecnico, del contesto sollecitante (tipo e intensità degli agenti), delle prestazioni richieste, caratterizzazione dei materiali, ecc.

- **preparazione:**

identificazione dei meccanismi di degrado e degli effetti, scelta dei criteri di misurazione per le caratteristiche funzionali e delle prestazioni tecnologiche, ricerca bibliografica, ecc.

- **prove preliminari:**

per valutare le metodologie di prova e le tecniche di misurazione per le caratteristiche funzionali

- **esposizione e misurazione:**

la fase in cui si svolgono le prove d'invecchiamento, sia naturale sia accelerato, ed in cui si misurano gli effetti degli agenti sui componenti edilizi

- **analisi e interpretazione dei risultati:**

momento in cui, analizzando i risultati ottenuti con la sperimentazione, viene valutata la vita utile di un componente, in determinate condizioni di sollecitazione.

I risultati ottenuti secondo il metodo descritto possono essere rielaborati per stimare la

vita utile in condizioni di progetto

utilizzando altri metodi quali:

- **metodo fattoriale**

che consente di valutare la vita utile in opera correggendo la vita utile di riferimento con fattori moltiplicativi,

generalmente compresi tra 0,8 e 1,2,

che tengono conto delle condizioni particolari in cui il componente è utilizzato quali agenti particolarmente gravosi, manutenzione programmata molto frequente, particolare cura dei dettagli costruttivi, ecc.;

il metodo è piuttosto semplice, ma la soggettività dell'attribuzione dei valori ai fattori moltiplicativi può renderlo poco preciso;

- **metodi stocastici**

basati sull'analisi statistica del contesto sollecitante e del comportamento dei materiali; si tratta di metodi molto sofisticati che richiedono una quantità notevole di dati e quindi di risorse;

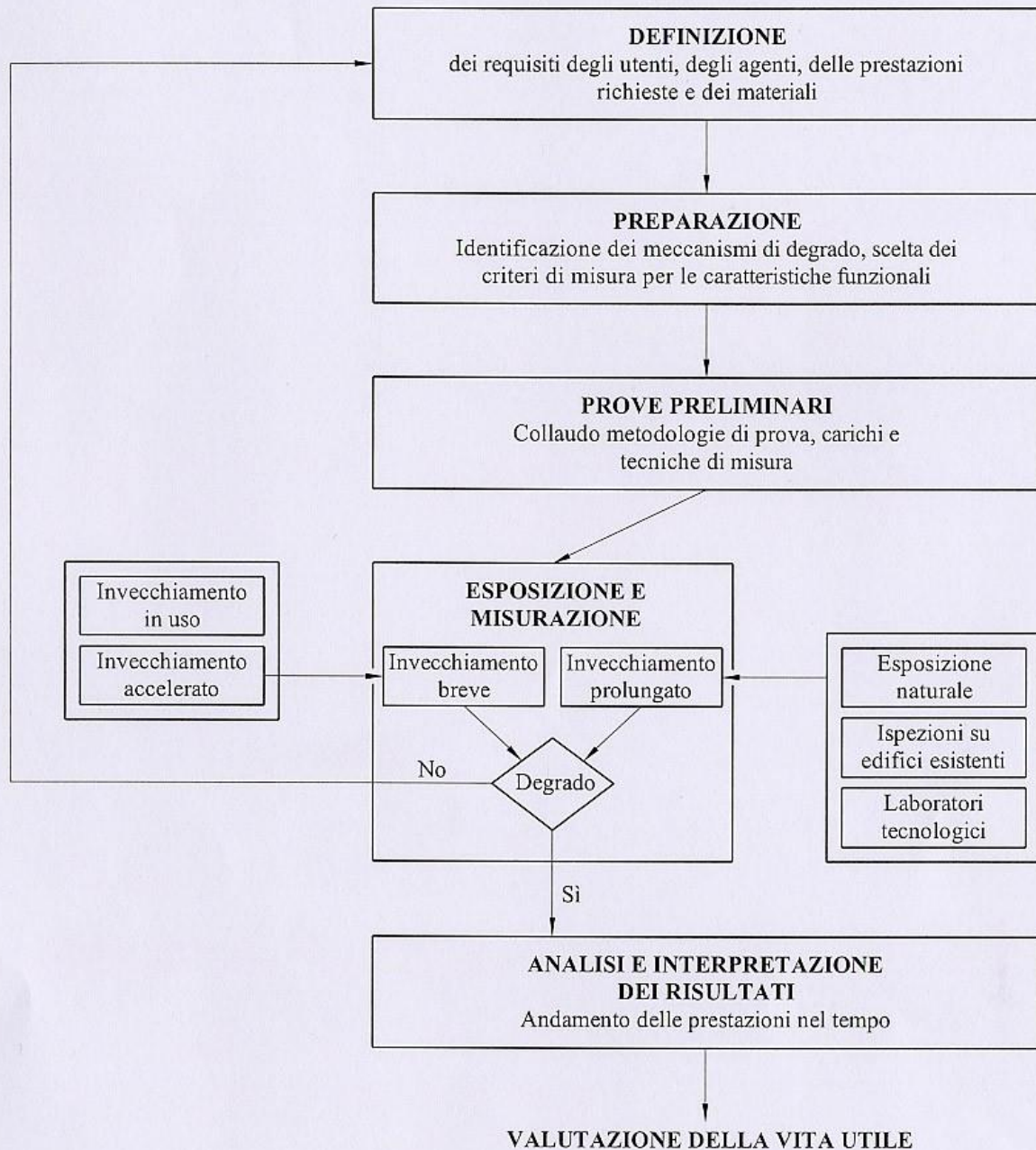
- **metodi ingegneristici**

tra i quali il metodo dei limiti prestazionali;

- **altri.**

Tornando ora al metodo generale descritto all'inizio, esso può essere schematizzato secondo il diagramma logico riportato di seguito.

figura 1 Metodologia per la previsione della vita utile di un componente



FASI PER LA PREVISIONE DI VITA UTILE e della **Vita utile di Riferimento**

1. DEFINIZIONE

Devono essere definiti gli **obiettivi** dello studio e, di conseguenza, il relativo **livello di approfondimento**.

Avremo come casi limite:

- a) studio specifico: con l'individuazione della specifica destinazione d'uso dell'elemento tecnico e della sua conformazione tecnologica e con la descrizione dell'ambiente circostante e dello specifico contesto progettuale;
- b) studio generale: con la individuazione di **tutte le alternative** di ambiente e di destinazione d'uso secondo le quali il componente può essere utilizzato.

Deve poi essere sviluppata la

caratterizzazione dell'elemento tecnico

attraverso la definizione delle sue caratteristiche funzionali:

per tale finalità può essere utilizzato il METODO DELL'ANALISI FUNZIONALE.

2. PREPARAZIONE

Si devono identificare i

possibili meccanismi di degrado

per l'elemento tecnico

sulla base degli agenti significativi nel contesto identificato (specifico o generico) e per i meccanismi di degrado si devono ipotizzare le modalità di esposizione in programmi di invecchiamento (**accelerato o naturale**).

2.1. Identificazione degli agenti di degrado

Si devono identificare il **tipo di agenti di degrado** e la **relativa intensità** con riferimento al contesto (specifico o generico).

Una possibile lista di agenti di degrado è riportata nel prospetto seguente.

prospetto 1	Lista degli agenti di degrado significativi per la stima di vita utile degli elementi tecnici	
Classificazione degli agenti di degrado		Esempi
Agenti climatici	Pioggia Neve Ghiaccio Grandine Vapore acqueo Vento Particelle Alte e basse temperature Cicli di temperatura Radiazione solare Radiazione termica	
Agenti chimici	Co _x , No _x , So _x , O _x Acido solforico Acido carbonico Sali Solventi	
Agenti artificiali esterni	Radiazione elettromagnetica (tutte tranne radiazioni solari e termiche) Stress meccanici discontinui	
Agenti artificiali dovuti all'uso	Acqua di lavaggio Detergenti Stress meccanici continui	
Agenti biologici	Animali (vertebrati, invertebrati, batteri) Vegetali	

2.2. Identificazione dei possibili meccanismi di degrado

Si devono identificare i

possibili meccanismi di degrado

dovuti agli agenti significativi individuati che possono indurre variazioni significative delle prestazioni tecnologiche dell'elemento tecnico.

Si dovrà far riferimento ai risultati di altri studi sullo stesso elemento o su elementi simili per cercare di ridurre il numero delle tipologie di invecchiamento e i tempi relativi.

2.3. Identificazione dei possibili decadimenti prestazionali

Si devono individuare i **decadimenti prestazionali plausibili** delle prestazioni tecnologiche dell'elemento tecnico (e delle caratteristiche funzionali) dovuti ai meccanismi di degrado individuati.

2.4. Scelta delle caratteristiche funzionali critiche e dei relativi metodi di valutazione.

Per ciascuna delle caratteristiche **funzionali critiche** selezionate devono essere definiti i metodi di valutazione, al fine di ottenere valori quantitativi dei decadimenti relativi.

2.5. Sviluppo del programma preliminare di esposizione.

Sulle base delle informazioni sin qui ottenute, si devono

sviluppare specifiche procedure di invecchiamento

basate sulla simulazione degli agenti sollecitanti individuati.

3. PROVE PRELIMINARI

Devono essere sviluppate, sulla base del programma preliminare già individuato, con riguardo alle caratteristiche funzionali

da misurarsi prima e dopo l'esposizione dei campioni agli agenti di degrado.

Hanno le finalità seguenti:

- stabilire i **livelli di intensità degli agenti** necessari per provocare variazioni significative delle caratteristiche funzionali
- comprendere meglio la **natura dei fenomeni di degrado**
- verificare la **fattibilità** delle prove selezionate
- stabilire gli agenti di **degrado principali** ed il loro **ordine di importanza**
- dimostrare la **comparsa** dei meccanismi di degrado individuati, quale causa di decadimento prestazionale.

4. ESPOSIZIONE

Per quanto possibile, il programma sperimentale di esposizione deve essere progettato considerando una

significativa numerosità di campioni

di prova, sufficiente per consentire una elaborazione statistica dei dati di prova.

Le condizioni di prova devono essere **registrate in continuo**

o ad **intervalli di tempo sufficientemente brevi** per:

- consentire la valutazione di andamenti nel tempo di Prestazioni e Caratteristiche rappresentabili come equazioni $P(t)$ e $C(t)$;
- permettere la correlazione tra diversi periodi e siti di esposizione;
- verificare che le condizioni ambientali reali siano rappresentative delle condizioni di riferimento;
- verificare che siano raggiunte le intensità degli agenti di degrado previste.

4.1. Esposizione in esterno a lungo termine

Potremo avere:

- esposizione in esterno di campioni di prova
- ispezioni su edifici (analoghi e in numero sufficiente per consentire l'applicazione di metodi statistici di campionatura)
- esposizione in edifici sperimentali

- esposizione in condizioni d'uso, realizzata mediante l'inserimento dell'elemento tecnico in un edificio reale.

4.2. Esposizione a breve termine

Possono distinguersi in:

- **esposizioni accelerate**, nelle quali i campioni sono sottoposti in laboratorio a cicli di invecchiamento rappresentanti l'inviluppo degli agenti di degrado;
- **esposizioni a breve termine in condizioni d'uso**, quando gli effetti di degrado possono essere identificati in tempi brevi, tramite strumenti di analisi superficiale ad elevata sensibilità.

4.3 Valutazione prestazionale

Durante l'esposizione le prestazioni e le caratteristiche funzionali devono essere misurate secondo gli intervalli temporali definiti;

l'esposizione deve proseguire **fino al raggiungimento dei limiti prestazionali** stimati corrispondenti alla fine della vita utile dell'elemento tecnico;

devono essere confrontati i degradi ottenuti nelle prove di invecchiamento accelerato in laboratorio e quelli relativi alle esposizioni naturali in esterno per consentire la **rettifica dei cicli di invecchiamento accelerato**.

5. ANALISI E INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI.

Dai risultati di andamento nel tempo delle caratteristiche funzionali e delle prestazioni durante le prove si definiscono le

funzioni di decadimento nel tempo delle prestazioni $P(t)$
per le specifiche condizioni di prova.

Se le condizioni di esposizione utilizzate non corrispondono alle condizioni reali in cui l'elemento tecnico può essere utilizzato,

devono essere formulate
funzioni di decadimento nel tempo delle prestazioni $P(t)$ per le nuove condizioni, attraverso procedure di **interpolazione rispetto alle funzioni disponibili**.

Conclusa tutte le fasi della procedura descritta, un produttore può attribuire al componente il dato di

VITA UTILE DI RIFERIMENTO (RSL)
perché, generalmente, avrà operato per ricavare il valore in condizioni STANDARD

METODI DI VALUTAZIONE DELLA VITA UTILE IN CONDIZIONI DI PROGETTO

IL METODO FATTORIALE

Si ricorda che il Metodo Fattoriale è da ritenersi metodo semplificato per stimare la vita utile in condizioni di progetto

che si applica attraverso la correzione della vita utile di riferimento (RSL)

con fattori moltiplicativi, generalmente compresi tra 0,8 e 1,2,

che tengono conto delle condizioni specifiche in cui il componente è utilizzato.

Può utilizzarsi la lista di fattori moltiplicativi riportata di seguito.

prospetto	2	Fattori moltiplicativi per l'applicazione del metodo fattoriale	
Agenti		Esempi di condizioni rilevanti	
Agenti legati alla qualità intrinseca del componente	A	Qualità del componente	Fabbricazione, stoccaggio, trasporto, ecc.
	B	Qualità di progettazione	Protezioni da altre parti dell'edificio
	C	Qualità di esecuzione	Qualità della manodopera, condizioni climatiche durante l'installazione
Ambiente	D	Ambiente interno	Aggressività dell'ambiente, ventilazione, condensazione
	E	Ambiente esterno	Altezza dell'edificio, micro-ambiente
Utilizzo	F	Condizioni d'uso	Impatti meccanici, tipologia di utenza, ecc.
	G	Livello di manutenzione	Qualità e frequenza della manutenzione, accessibilità, ecc.

Possono essere adottati i dati forniti dai produttori, in particolare valutati per la marcatura secondo la Direttiva Prodotti da Costruzione, relativamente alle procedure per l'Attestazione di Conformità.

Si ottiene:

$$ESL = RSL \times A \times B \times C \times D \times E \times F \times G$$

dove

ESL = Estimated Service Life = Vita Utile Stimata

ESEMPIO

Vita Utile Stimata di un serramento in legno di abete.

La vita utile di riferimento può essere, ad esempio, di 25 anni.

Per ottenere la vita utile stimata con il metodo fattoriale si possono assumere i seguenti valori dei coefficienti moltiplicativi:

-qualità del componente:

legno poco resistente ma trattato in fabbrica con due strati di rivestimento protettivo può dar luogo ad un coefficiente pari a 1,2;

-qualità di progettazione:

buona, spigoli arrotondati, soglia in pendenza, installazione verso l'interno possono dar luogo a un coefficiente pari a 1,2;

-qualità di esecuzione:

nessuna lavorazione in situ, verniciatura e montaggio del vetro in fabbrica possono dare un coefficiente pari a 1,2;

-ambiente interno:

non aggressivo, con basso rischio di condensazione possono determinare un coefficiente pari a 1;

-ambiente esterno:

protezione da vento e pioggia possono determinare un coefficiente pari a 1,2;

-condizioni d'uso:

occasionalmente accessibile dai bambini può determinare un coefficiente pari a 1;

-livello di manutenzione;

la riverniciatura ogni 3 o 4 anni può dar luogo a un coefficiente di 1.

Pertanto, si otterrà:

$$ESL = 25 \times 1,2 \times 1,2 \times 1,2 \times 1 \times 1,2 \times 1 \times 1 = 51,84 \text{ arrotondabile a } 50 \text{ anni.}$$