



POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Ingegneria Edile - Architettura

Corso di laurea magistrale in Ingegneria dei Sistemi Edilizi

STIMA DELLA PROBABILITÀ DI DEGRADO BIOLOGICO SU CAPPOTTI

*PROPOSTA DI UN METODO BASATO SULLE RETI NEURALI PER LA STIMA
DELLA PROBABILITÀ DI COLONIZZAZIONE BIOLOGICA SU SISTEMI ETICS*

Relatore: Prof. Fulvio RE CECCONI

Tesi di laurea di:

Giuliano PERGOLA

Matr. 754572

Alessio REDAELLI

Matr. 755229

Anno Accademico 2010 - 2011

ABSTRACT

Gli agenti biologici che possono inficiare l'efficienza delle chiusure verticali opache comprendono alcuni organismi la cui presenza può essere riscontrata sia in ambienti interni sia esterni. Con l'entrata in vigore di normative energetiche sempre più esigenti per quanto concerne le prestazioni dell'involucro edilizio, si è verificato un aumento dello spessore dell'isolamento termico nelle pareti cosiddette a cappotto che ha reso degno di nota anche il fenomeno della crescita di questi organismi biologici sulla superficie esterna della chiusura opaca.

Lo scopo del seguente elaborato è quello di fornire al progettista uno strumento semplice per determinare la probabilità di degrado biologico sulla superficie esterna delle chiusure verticali in funzione di determinati parametri tecnologici e climatici.

Il percorso di Tesi prevede lo svolgimento di una ricerca sullo stato dell'arte per identificare i diversi meccanismi di degrado biologico che possono instaurarsi in una parete a cappotto in modo da poter determinare gli aspetti tecnologici che favoriscono o meno la comparsa di questo tipo di degrado.

La fase successiva prevede formulazione di un indice di rischio, basato sui parametri tecnologici prima definiti unitamente ai dati climatici, che fornisca una percentuale di comparsa degli agenti biologici in diverse città europee a seconda della differente soluzione tecnica adottata.

Tutte le simulazioni hanno portato ad indicazioni sufficienti per fornire ai progettisti una corretta metodologia di valutazione dei parametri necessari e della loro influenza sul rischio di colonizzazione.

L'ultima fase consiste nell'utilizzare come dato di partenza i risultati ottenuti in precedenza per realizzare uno strumento probabilistico (nello specifico una rete neurale) che possa essere utilizzato per prevedere il rischio di degrado basandosi solo su determinati input tecnologici e climatici. Questo strumento è stato inoltre utilizzato per mappare gran parte dell'Europa in modo da identificare quali sono le aree più rischiose in cui installare una chiusura a cappotto.

ABSTRACT

Biological agents which could invalidate external envelopes efficiency include several organisms that can be found both indoor and outdoor. Due to the raising of building thermal performance requirements by energy regulations, there has been an increase of thermal insulation thickness in ETICS (External Thermal Insulation Composite Systems). The configuration of these multilayered walls have unfortunately promoted the growth of these biological organisms on the outer side of the external envelope.

The aim of this document is to provide building designer an easy tool to compute the probability of biological colonization on the external surface of ETICS, according to certain technological and climatic parameters.

The dissertation implies a research on the state of the art to identify the various mechanisms of biological decay which are likely to be found on ETICS, in order to determine the technological features which allow this kind of deterioration to appear.

The next step consists in the formulation of a risk index, based on both technological and climatic parameters, which provides the percentage of biological agents' appearance in various European cities, according to the employment of different technical solutions.

The entire amount of simulations gave sufficient information to provide designers a good evaluation methodology about necessary parameters and their influence on colonization risk.

The final step consists in using the previously obtained parameters and indices, in order to create a probabilistic tool (in this case a neural network) which could be used to foresee the decay probability, considering specific technological and climatic input. This tool has also been employed to classify and identify areas in Europe where considered external envelope is too risky to be used.

INDICE

INTRODUZIONE	7
CAP. 1 -IL DEGRADO DA AGENTI BIOLOGICI DELLE CHIUSURE VERTICALI A CAPPOTTO	9
1.1 DESCRIZIONE E STRATIGRAFIA FUNZIONALE DEL SISTEMA A CAPPOTTO	9
1.2 IL DEGRADO DA AGENTI BIOLOGICI	11
1.2.1 <i>Classificazione degli agenti biologici</i>	12
1.2.2 <i>Degradi causati dagli agenti biodegradanti</i>	16
1.3 STATO DELL'ARTE.....	17
CAP. 2 - LA MISURA DELLA PROBABILITÀ DI COMPARSA DI AGENTI BIOLOGICI	23
2.1 LE CONDIZIONI NECESSARIE PER LA PROLIFERAZIONE DI MICROORGANISMI BIOLOGICI	23
2.1.1 <i>La temperatura superficiale</i>	23
2.1.2 <i>L'umidità relativa superficiale</i>	24
2.1.3 <i>La rugosità della superficie</i>	24
2.1.4 <i>Il pH</i>	25
2.1.5 <i>Il contenuto salino del substrato</i>	25
2.1.6 <i>La luce</i>	25
2.1.7 <i>Il tenore di ossigeno</i>	26
2.1.8 <i>Il tempo</i>	26
2.2 PROPOSTA DI UN METODO DI MISURA DELLA PROBABILITÀ DI COMPARSA DI AGENTI BIOLOGICI	28
2.2.1 <i>Determinazione delle condizioni ambientali</i>	29
2.2.2 <i>Definizione degli indici numerici</i>	31
2.2.3 <i>Stima della probabilità di comparsa di agenti biologici</i>	35
CAP. 3 - STIMA DELLA PROBABILITÀ DI COMPARSA CON IL METODO PROPOSTO	37
3.1 DEFINIZIONE DELLE SOLUZIONI TECNICHE ADOTTATE	37
3.2 LE SIMULAZIONI PER LA DETERMINAZIONE DELLE CONDIZIONI AMBIENTALI.....	78
3.3 IL CALCOLO DELLA PROBABILITÀ DI COMPARSA DEGLI AGENTI BIOLOGICI	80
CAP. 4 - DEFINIZIONE DI UNO STRUMENTO PREDITTIVO DELLA PROBABILITÀ	91
4.1 LE RETI NEURALI: DEFINIZIONE E FUNZIONAMENTO	91
4.1.1 <i>Nascita e sviluppo dei modelli di reti neurali</i>	92
4.1.2 <i>Le reti feedforward</i>	93
4.1.3 <i>Probabilistic Neural Nets e Generalized Regression Neural Nets</i>	96
4.1.4 <i>I diversi approcci all'apprendimento</i>	102
4.1.5 <i>Definizione del dataset</i>	108

4.1.6	<i>Creazione della rete e valutazione dei risultati ottenuti</i>	111
4.2	CONFRONTO TRA LA RETE NEURALE E IL METODO DEI MINIMI QUADRATI	112
4.2.1	<i>Il metodo dei minimi quadrati</i>	112
4.2.2	<i>Bontà delle reti neurali rispetto al metodo dei minimi quadrati</i>	114
CAP. 5 -	MAPPE DI RISCHIO E RELATIVE INDICAZIONI PROGETTUALI	115
5.1	MAPPE DI RISCHIO	115
5.2	INDICAZIONI PROGETTUALI	125
5.2.1	<i>Influenza della resistenza termica della parete</i>	126
5.2.2	<i>Influenza della resistenza al passaggio del vapore dell'isolante</i>	131
5.2.3	<i>Influenza della porosità della finitura esterna</i>	135
5.2.4	<i>Influenza dell'assorbanza della finitura esterna</i>	139
5.2.5	<i>Conclusioni ed indicazioni progettuali</i>	143
5.2.6	<i>Possibili sviluppi futuri</i>	144
	INDICE DELLE FIGURE	147
	INDICE DELLE TABELLE	151
	INDICE DELLE EQUAZIONI	155
	BIBLIOGRAFIA	157
	ALLEGATO A: GRAFICI CARTESIANI DI RISCHIO	161
	RINGRAZIAMENTI	243

INTRODUZIONE

Obiettivo di questo lavoro di Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Edilizi è quello di creare un metodo probabilistico di calcolo del rischio che permetta ai progettisti di analizzare le alternative che si presentano durante la fase di progettazione con attenzione particolare alla prevenzione della possibile comparsa di agenti biologici sulla superficie esterna delle chiusure verticali opache a cappotto.

L'intero progetto si basa sulla considerazione in parallelo delle condizioni ambientali delle località in cui le soluzioni tecniche sono considerate in opera e delle caratteristiche tecniche delle soluzioni stesse, al fine di pervenire ad una metodologia di previsione del buon funzionamento o meno delle soluzioni in esame dal punto di vista della possibile proliferazione biologica.

Nel Capitolo 1 si trova un sunto esaustivo dello stato dell'arte sia per quanto riguarda le caratteristiche delle chiusure a cappotto considerate che per quanto concerne i degni causati dalle specie biologiche che possono infestare le facciate. A seguire viene proposto un breve excursus sulle ricerche già effettuate in ambito europeo su questi argomenti: esse sono l'ovvia base di partenza del lavoro svolto in questo elaborato, ma si differenziano significativamente da esso poiché queste si basano essenzialmente su sperimentazioni ed osservazioni di cosa avviene in opera, mentre il presente lavoro di tesi è centrato sulla possibilità di prevedere cosa accade tramite simulazioni numeriche e metodi di stima.

Il Capitolo 2 affronta la formulazione di un metodo di misura della probabilità di comparsa di agenti biologici. Dapprima vengono valutati tutti i parametri ambientali che influiscono sulla crescita biologica per determinare quali è significativo considerare nella metodologia da ideare, successivamente viene definita compiutamente la metodologia che permette di quantificare un indice di rischio, partendo dalle simulazioni svolte che restituiscono in continuo durante il corso dell'anno i valori di temperatura ed umidità relativa superficiali esterne.

I risultati ottenuti con l'applicazione di questa procedura in 65 località europee con determinate condizioni climatiche per 80 diverse soluzioni tecniche, caratterizzate da diversi valori di isolamento termico, resistenza al passaggio del vapore, porosità ed assorbanza della finitura esterna sono riportati nel Capitolo 3.

Nel capitolo successivo è stato definito uno strumento predittivo della probabilità che, sfruttando la mole di dati ottenuti effettuando le simulazioni precedentemente esposte, permetta di determinare il valore numerico dell'indice di rischio considerato conoscendo solamente pochi parametri del contesto e della soluzione tecnica in esame. In particolare è stata costruita una rete neurale che, sulla base dei 6 input climatici e tecnologici richiesti, esplicita il valore dell'indice di rischio. Come è possibile visionare nel Capitolo 4 il livello di affidabilità della rete costruita è molto alto ed i risultati sono soddisfacenti.

Il Capitolo 5 è dedicato all'esposizione di tutti i risultati ottenuti ed alla formulazione di indicazioni progettuali che indichino quali soluzioni tecniche sono più adatte a seconda delle condizioni climatiche della località considerata. Nella prima parte di questa sezione sono riportati esempio di mappe di rischio, in altre parole una mappatura del territorio europeo in base alla probabilità di colonizzazione biologica. Successivamente è riportata un'analisi dettagliata di tutti i risultati cui si è pervenuti al fine di indirizzare le scelte tecnologiche in fase di progettazione.

Infine vengono riportati i possibili sviluppi futuri di questo lavoro di tesi.