

UC Berkeley

Indoor Environmental Quality (IEQ)

Title

Fanger's lesson

Permalink

<https://escholarship.org/uc/item/3k6773m2>

Authors

Schiavon, Stefano
Zecchin, Roberto

Publication Date

2006

Titolo

L'eredità di Fanger

Autori

Stefano Schiavon, Dottorando, Dipartimento di Fisica Tecnica, Università degli Studi di Padova, - Tsinghua University, Pechino, R. P. Chinese.

Roberto Zecchin, Professore, Dipartimento di Fisica Tecnica, Università degli Studi di Padova, - TiFS Ingegneria srl, Padova

Il comfort termico e la qualità dell'aria negli ambienti confinati sono i campi della scienza maggiormente influenzati dal lavoro di Povl Ole Fanger.

Negli anni settanta Fanger ha sviluppato una teoria sul benessere termoigrometrico che utilizza gli indici PMV, ossia il voto medio previsto, e PPD, ovvero la percentuale prevista di persone non soddisfatte, per relazionare le condizioni fisiche ambientali allo sensazione di neutralità termica percepita da una persona standard. Due condizioni sono necessarie affinché ci sia comfort termico. La prima richiede che la combinazione di temperatura della pelle e la temperatura interna al corpo diano una sensazione di neutralità termica, la seconda è che il bilancio termico del corpo sia uguale a zero, cioè che la produzione di calore all'interno del corpo eguagli il calore trasmesso all'esterno. La teoria prevede che ad un valore minimo di PMV pari a zero, il corrispondente valore minimo di PPD sia 5%.

La teoria di Fanger utilizza due classi di parametri per la previsione della sensazione termica. Una legata alle condizioni fisiche della persona, quali il livello d'attività metabolica (misurabile in met) e l'isolamento termico prodotto dai vestiti (misurabile in clo). L'altra classe di parametri è legata alle condizioni ambientali quali la temperatura e la velocità dell'aria, la temperatura media radiante e l'umidità relativa. Noti questi sei parametri o combinazioni equivalenti di questi, quale ad esempio la temperatura operativa o la temperatura equivalente, è possibile prevedere la percentuale di persone insoddisfatte dall'ambiente termoigrometrico. Questo modello è implementato nella maggior parte delle norme per la previsione delle condizioni di benessere termoigrometrico. I principali limiti della teoria sono legati al fatto che è stata sviluppata in laboratorio e che sono state utilizzate persone abituate all'utilizzo di sistemi di condizionamento estivo e invernale. Pur rimanendo valida a livello mondiale, recentemente si è dovuta adattare la teoria per l'applicazione in climi caldi e umidi a persone non avvezze agli ambienti condizionati.

Un ampio numero di studi ha mostrato che la percentuale di persone non soddisfatte delle condizioni termiche all'interno di un edificio è normalmente elevata (sino al 30-40%) anche quando le norme basate su tale teoria sono applicate e rispettate. Ciò è dovuto al fatto che i sistemi di riscaldamento e raffrescamento sono progettati per la generazione di un ambiente termico uniforme, non tenendo in considerazione le significative differenze che esistono tra le persone. Differenze concernenti il livello d'attività, l'isolamento termico dei vestiti, la risposta psicologica e fisiologica e le preferenze riguardanti la velocità e la direzione dell'aria. È usuale riscontrare nello stesso ambiente lavorativo una variazione dell'attività metabolica tra 1 e 2 met, e una variazione dell'isolamento termico dei vestiti tra 0.4 e 1.2 clo. Ciò implica che la temperatura preferita potrebbe variare fino a 10°C da persona a persona.

Per superare questo inconveniente Fanger aveva proposto di passare dalla progettazione di un ambiente uniforme ad uno individualizzato, dove il soggetto possa essere l'artefice del proprio microambiente.

Nel campo della qualità dell'aria degli ambienti confinati, comunemente denominata qualità dell'aria "indoor" (IAQ: Indoor Air Quality) il contributo di Fanger è nato da due

considerazioni. La prima si è sviluppata negli anni successivi alla crisi petrolifera del 1973, quando a causa del rapido incremento dei prezzi petroliferi e dalla paura della dipendenza dai paesi fornitori, nei paesi industrializzati sono state adottate restrittive politiche di risparmio energetico. Nel campo dell'edilizia si sono costruiti edifici sempre più sigillati, cioè cercando di ridurre le infiltrazioni, con conseguente degradazione della qualità dell'aria. Ciò ha portato ad un incremento dei casi d'allergia e asma e si è notato un maggiore grado di contaminazione delle malattie infettive tra gli occupanti del medesimo edificio. La seconda considerazione è nata dall'impossibilità di misurare e valutare gli effetti singoli e combinati delle migliaia di componenti presenti nell'aria. Nell'ambito industriale si sono posti dei limiti alla concentrazione di alcune sostanze nocive, però nel caso di ambienti non industriali si era riscontrato che gli effetti legati alla sindrome dell'edificio malato erano presenti anche a concentrazioni molto inferiori a quelle fissate per gli ambienti industriali. Anche se la relazione tra qualità dell'aria e condizioni di salute, comfort e produttività non è ancora del tutto chiara si è deciso di definire la qualità dell'aria con due limitazioni, una legata alla concentrazione limite di sostanze nocive, l'altra alla qualità percepita dell'aria da parte delle persone. In questo ultimo aspetto il contributo di Fanger è iniziato nel 1988 con l'introduzione dei concetti di olf e decipol.

Olf indica l'intensità dell'emissione di una sorgente d'inquinanti, il decipol quantifica la sua percezione da parte di una persona non adattata all'odore.

Un olf è pari alla quantità di bioeffluenti emessa da una persona standard, ossia da un adulto in condizioni di neutralità termica, con uno standard igienico equivalente a 0.7 bagni/giorno, che sta svolgendo un'attività sedentaria. L'equivalente dell'olf in illuminotecnica è il lumen, per la quantificazione del flusso luminoso e in acustica il Watt, unità di misura della potenza acustica. La concentrazione d'inquinanti nell'aria è funzione del tasso di emissione della sorgente e della diluizione causata dalla ventilazione; il decipol è stato definito come l'inquinamento percepito causato da una persona standard (un olf), ventilata con 10 l/s di aria non inquinata cioè $1 \text{ decipol} = 0.1 \text{ olf}/(1/s)$.

L'equivalente del decipol in illuminotecnica è il lux, unità di misura dell'illuminamento, in acustica è il decibel di pressione sonora, grandezza correlata alla sensazione percepita dall'orecchio umano.

Nella lezione plenaria tenuta alla conferenza IndoorAir2005 a Pechino, Fanger aveva sottolineato che gli attuali standard indicano requisiti molto modesti. Essi infatti permettono che un ampio gruppo di persone, usualmente il 20%, consideri la qualità dell'aria non accettabile, mentre il restante 80% la valuti semplicemente accettabile. Inoltre gli attuali standard non considerano che una qualità elevata dell'aria aumenta la produttività in ambito lavorativo e la capacità di apprendimento degli studenti nelle scuole, come dimostrano molte ricerche fatte nei paesi scandinavi, negli Stati Uniti e a Singapore. Con ambizioni così modeste, aveva detto Fanger, non c'è da stupirsi dell'elevata percentuale di persone insoddisfatte a causa dell'aria e dell'elevato numero di persone che soffrono di sintomi legati alla sindrome dell'edificio malato.

Fanger aveva proposto quattro strade da percorrere per superare il problema. La prima consiste nello studio e nell'applicazione di apparecchiature per la purificazione dell'aria (Air Cleaner), come ad esempio quelli ad ossidazione fotocatalitica; la seconda implica l'incremento della portata d'aria esterna da immettere nell'edificio; la terza riguarda utilizzo di sistemi di ventilazione ad elevata efficacia, quali quelli ventilazione a dislocazione o personalizzata; la quarta propone di attuare un meticoloso controllo nella scelta dei materiali presenti nell'edificio, optando per quelli a bassa emissione di inquinanti.

Fanger ha interpretato le proprie scoperte non come punti d'arrivo ma di partenza per lo sviluppo di modelli, tecnologie e standard che siano in grado di creare un ambiente non

semplicemente accettabile o confortevole, ma stimolante e piacevole, perciò auspicava un cambio di paradigma nel campo del comfort termico e della qualità dell'aria. Sperava che un giorno fosse possibile costruire degli edifici nei quali ricreare le condizioni migliori che l'uomo trova in natura.

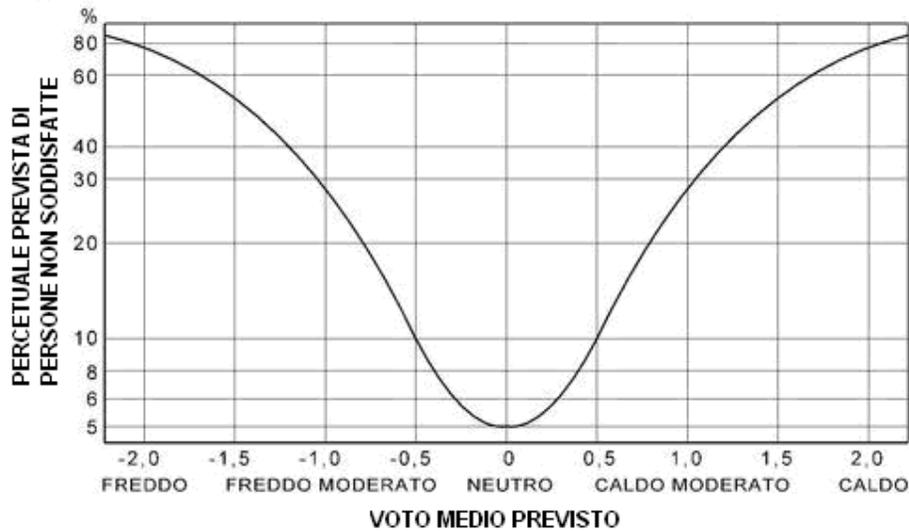


Figura 1 Relazione tra PMV (voto medio previsto) e PPD (percentuale prevista di persone non soddisfatte)



Figura 2 P. Ole Fanger nella sua carriera accademica ha ricevuto 76 premi scientifici in 29 nazioni, tra i quali 12 lauree honoris causa. E' stato eletto membro onorario in 16 associazioni di ingegneria, tra cui AICARR. Egli è membro alla Accademia Nazionale degli Ingegneri Americani e dell'Accademia Reale degli Ingegneri del Regno Unito.

Comitato di redazione: Franco Adami, Paolo Bassi, Marco Masoero, Marco Noro, Michele Vio, Alberto Zambelli

Direttore Scientifico: Paolo Bassi - paolo.bassi@ipobi.it

Direttore editoriale: Franco Adami - franco.adami@reedbusiness.it

Redattori: Adriana Del Longo
adriana.dellongo@reedbusiness.it
Federica Orsini - federica.orsini@reedbusiness.it
Stefano Rimassa - stefano.rimassa@reedbusiness.it
Federica Villa - federica.villa@reedbusiness.it

Segreteria: Brunella Chiari - brunella.chiari@reedbusiness.it
Maria Ranieri - maria.ranieri@reedbusiness.it

Organo direttivo nazionale dell'AICARR (Associazione Italiana Condizionamento dell'Aria Riscaldamento Refrigerazione).
Associata Rehva, Ashrae, IIF, UNI, CTI, Via Melchiorre Gioia n.168
20125 Milano - telefono 02 67479270 fax 02 67479262

La rivista è inviata ai Soci AICARR.
Il prezzo dell'abbonamento è incluso nella quota associativa.

Reed Business Information

Reed Business Information SpA

Società soggetta all'attività di direzione e coordinamento di Reed Elsevier Group PLC
20143 Milano - Viale G. Richard 1/a - tel. 02 818301
Telefono redazione 02 81830239
fax 02 81830413 (redazione)
fax 02 81830405 (pubblicità)

Organizzazione di vendita

Direttore commerciale Ivo Braga

Direttore Vendite Sergio Cirimbelli

Responsabile Vendite Davide Lenarduzzi
davide.lenarduzzi@reedbusiness.it

Segreteria commerciale Monica Corletti
tel. 02 81830.683 / monica.corletti@reedbusiness.it

Key Account Patrizia Sandri

International Sales tel. 02 81830.635 / patrizia.sandri@reedbusiness.it

© Copyright Reed Business Information Spa - Milano Italia.

Le rubriche e le notizie sono a cura della redazione.

È vietata la riproduzione, anche parziale, di articoli, fotografie e disegni senza preventiva autorizzazione scritta

Servizio abbonamenti Manuela Seregni
tel. 02 81830221 / manuela.seregni@reedbusiness.it

Tariffe abbonamenti 2006

Italia: sped. ordinaria Euro 78,00 - sped. contrassegno Euro 82,00
Estero: sped. ordinaria Euro 114,00 - sped. prioritaria Europa Euro 129,00 - sped. prioritaria Africa, America, Asia Euro 162,00 - sped. prioritaria Oceania Euro 182,00
fascicolo singolo Euro 7,20 - fascicolo arretrato Euro 14,40

Gli abbonamenti possono essere sottoscritti anche versando il relativo importo sul c/c postale n. 33668666 intestato a

Reed Business Information SpA

Viale G. Richard 1/a, 20143 Milano.

L'iva sugli abbonamenti, nonché sulla vendita di fascicoli separati, è assolta dall'Editore ai sensi dell'art. 74 primo comma lettera C del DPR 26/10/72 N. 633 e successive modificazioni ed integrazioni. Pertanto non può essere rilasciata fattura.



5 Editoriale

"Sorprese" sotto l'albero - P. Bassi

14 Impianti

Minimizzare i rischi biologici negli ospedali - M. Bo, M. Rapetti

20 Ricerca

Mappe di irradiazione - F. Anselmo, A. Lauritano

28 Sistemi

Addolcire l'acqua - P. D. Lessieur

34 Risparmio energetico

La ventilazione naturale - M. De Carli, M. Scarpa, G. Villi, R. Zecchin

46 Trattamento acqua

Manutenzione ordinaria e programmata - R. Laria

52 Energia

Conduzione e manutenzione impianti frigoriferi - A. Albertazzi

58 Consulenza elettrotecnica

Gli elaborati di progetto in ambito elettrico - A. Porro

61 Intervista

Clivet, efficienza e risparmio energetico - a cura della Redazione

64 Normativa e legislazione

Aggiornamenti Uni, Cen, Iso - D. Farina

69 Eventi

Ashrae 2006. Ingegneria per la sostenibilità in evidenza - P. Tronville

72 Dall'industria

Daikin, non solo climatizzazione - a cura della Redazione

74 Personaggi

L'eredità di Ole Fanger - S. Schiavon, R. Zecchin

Le Rubriche

6 Panorama
Attualità & Mercato
Prodotti & Cataloghi

76 Block Notes - Siti

77 Indice sommari 2006

79 Si parla di...