

---

Atti della Società  
DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI  
IN TORINO

---

NOTA SULLA ABITABILITÀ DELLE CASE DI NUOVA COSTRUZIONE

in rapporto alla umidità dei muri ed ai vari sistemi di riscaldamento  
e  
relazione di alcune ricerche sperimentali sul detto argomento.

*Conferenza tenuta alla Società degli Ingegneri ed Architetti di Torino  
addì 13 marzo 1908.*

Due sono i problemi che più specialmente possono interessare il ricercatore nello studio della umidità degli ambienti, e sui quali anche continuo è ancora il dibattito di molti che si occupano dell'argomento. E cioè: 1° determinazione della umidità esistente in un dato momento in un ambiente; 2° determinazione invece della umidità fissata, sia pure temporaneamente, nelle masse murarie che comprendono l'ambiente in esame.

Sia per l'un procedimento che per l'altro, la tecnica ha a disposizione metodi molto precisi, coi quali si possono ottenere dati attendibili e di precisione. Di contro non sono attendibili le determinazioni risultate da procedimenti empirici, i quali perciò dovrebbero essere abbandonati in tali ricerche sia da operatori che da Istituti, che debbano in base ai risultati, concedere o negare permessi di abitabilità. Non credo necessario di soffermarmi su questo punto, che ritengo già trattato esaurientemente da autori competenti, mentre la ragione probata sulla opportunità di procedere, nelle ricerche, piuttosto sull'ambiente che sulle masse murarie, per decidere dell'abitabilità di una casa, forse ancora non fu rigorosamente trattata, almeno a quanto mi consta, come pure, per quanto io sappia, non si analizzarono alcuni fenomeni collaterali che in qualche caso possono far cambiare radicalmente il fenomeno principale. È perciò, egregi colleghi, che ritengo non del tutto inutile di comunicarvi alcune mie osservazioni sul fenomeno, in unione ad alcuni dati sperimentali che da vari anni vado raccogliendo, e dai quali credo poter ormai trarre qualche conclusione che può interessare molto da vicino la pratica della nostra professione.

Per poter interpretare l'analisi dei fenomeni, ed anche per trattare della questione con alquanto ordine logico, vediamo subito se è più opportuno, per dare un giudizio sulla abitabilità di un ambiente, di agire con le ricerche sull'aria ambiente o sulle masse murarie, od anche attenersi ad un sistema misto che abbia per base le due analisi più sopra ricordate. Nel primo caso noi operiamo direttamente sul quantitativo di umidità assoluta esistente nel locale; da questo dato, con opportuni calcoli si viene a dedurre l'umidità relativa, che è poi quella che in ultima analisi viene sentita dal nostro organismo.

Indirettamente veniamo a stabilire la sorgente che fornisce di umidità l'ambiente, dalla causa, naturalmente tenendo, per quanto è possibile, in debito conto tutti i fenomeni che possono influire in un senso qualsiasi sulla determinazione. Il procedimento, per quanto non diretto, potrebbe dare buoni risultati, se fosse sempre possibile di procurarsi con sufficiente esattezza, tutti i dati necessari al paragone tra umidità dell'ambiente e fenomeni che possono influenzarlo.

Quali sono questi dati? Essenzialmente, per poter decidere sul quantitativo assoluto di umidità, ceduto dalle varie superfici murarie all'aria ambiente, bisogna conoscere quello esistente nell'aria atmosferica che attornia l'ambiente e che lo rifornisce, per ventilazione spontanea, continuamente, nel periodo di tempo che deve durare la esperienza. Soltanto tenendo in giusto conto questi due dati, sarà possibile dare un giudizio che offra garanzia.

Ora, per il modo stesso nel quale si esplica il fenomeno, le determinazioni doppie, aria ambiente ed aria atmosferica, si possono fare soltanto con grande difficoltà. Quando si pensa poi che l'ambiente si inquina per causa della umidità dei muri, soltanto dopo un tempo relativamente lungo, e che per operare con apparente precisione si dovrebbe procedere a serie di ricerche periodiche, concludendo quindi soltanto in base al dato medio risultato da queste determinazioni, appare subito che il procedimento non è pratico, perchè non comodo.

Ma esso non è neppure esatto, come a prima vista sembrerebbe dovesse essere, e non solo non è esatto, ma può dar luogo a conclusioni veramente sbagliate.

Pensiamo infatti che nel periodo che dura l'esperienza si elevi notevolmente il quantitativo di umidità assoluta dell'aria atmosferica esterna, ciò che può molto facilmente avvenire; l'ambiente interno si ricambia, per causa della ventilazione spontanea, sempre con un rapporto costante, o quasi costante; conseguentemente in esso viene importata una quantità di umidità alquanto elevata, che produrrà la saturazione nello stato igrometrico interno dove esiste una sorgente di umidità non trascurabile, per la presenza di murature di costruzione recente. Come conseguenza finale di questo stato di cose si avrà una causa grave perturbatrice dell'andamento

del fenomeno, che non potrà neppure essere passibile di correzioni perchè troppo complesse sono le determinanti del fenomeno per poter essere valutate con criteri esatti.

Questo stato di condizioni, direi quasi artificiali, hanno poi anche il grave inconveniente di perturbare l'andamento del fenomeno per un tempo alquanto lungo, poichè lo stato igrometrico dell'ambiente quasi saturo produrrà, per causa del potere di trasmissione termica che hanno i muri più elevato dell'aria, una precipitazione di vapore acqueo sulle pareti; a condizioni igrometriche generali variate quest'acqua vaporizzerà però nuovamente nell'interno dell'ambiente inquinandone l'aria, senza che la cagione nel caso specifico debba ascriversi allo stato delle masse murarie. Si aggiunga poi che la tensione che può acquistare il vapore acqueo è in rapporto diretto con lo stato igrometrico dell'ambiente, e si comprenderà anche subito che se non intervengono condizioni speciali, per variare ed accelerare il fenomeno, la causa anzidescritta di perturbazione influenzerà le determinazioni per un tempo certamente lungo. Ossia, quando anche la causa esterna sia cessata, e l'aria atmosferica abbia nuovamente un grado igrometrico normale.

Conclusione di questo stato di cose sarà che, il dato medio, risultato di una serie di ricerche, assumerà un valore certamente non corrispondente a quello che rispecchierebbe lo stato dell'ambiente, con una differenza che può anche essere notevole; l'esperimentatore quindi si troverà nella quasi impossibilità di procurarsi dati attendibili, che permettano ed il controllo prima e la correzione poi delle ricerche, perchè è quasi impossibile di stabilire quando incominci e quando cessi la causa perturbatrice del fenomeno testè esaminato, anche quando si tenga conto con ogni scrupolo e dettaglio delle condizioni atmosferiche esterne.

Così pure, se invece immaginiamo, che all'esterno dell'ambiente in esame si abbia a verificare uno stato igrometrico deficiente, si verificheranno reciprocamente fenomeni inversi a quelli testè esaminati, con conseguenze pure perturbatrici dell'andamento normale della vaporizzazione, senza che di queste cause di errore si possa tener conto per i motivi già indicati.

Il determinatore, usando poi questo metodo, può essere tratto in inganno nel suo giudizio sulle condizioni dell'ambiente, per artifici che ne possono modificare, almeno temporaneamente, il suo stato; di questo avrò occasione di trattare più avanti, per ora basta avere fissato che con il metodo della determinazione della umidità dell'ambiente si può commettere anche questo errore, pur operando con la massima scrupolosità nella tecnica della determinazione.

Immaginiamo ora invece di operare, per procedere alle ricerche, direttamente sulle masse murarie, determinandone il loro quantitativo d'acqua, che può successivamente venir ceduto all'ambiente, e quindi aumentarne il grado igrometrico. È ovvio che la cessione di umidità, dalle masse murarie all'aria ambiente, avverrà in modo vario, e precisamente in dipendenza della temperatura, della pressione, della ventilazione e del grado igrometrico dell'aria che esiste nell'ambiente; quindi le perturbazioni a cui può andar soggetto l'ambiente, saranno certo variabili di momento in momento ed in dipendenza delle cause più sopra elencate.

Ma è anche ovvio che siccome l'acqua esistente nella massa muraria è una quantità sempre finita, in seguito a successive perdite si raggiungerà un momento nel quale solo una piccola massa d'acqua verrà trattenuta nel corpo del muro, e questa quantità non influenzerà più l'atmosfera, perchè (come a me pare di aver dimostrato con numerose ricerche in un mio lavoro antecedente e già pubblicato) non viene più, per condizioni normali atmosferiche, ulteriormente messa in libertà. Questo stato di cose viene raggiunto dopo un tempo, dal termine della costruzione, relativamente breve, variabile però in rapporto ad una quantità di fattori che si modificano da luogo a luogo, mantenendosi però abbastanza costanti per una medesima località.

Il dato ultimo, ormai stabilito da dati di fatto e accettato da tutti, ci permette di ritenere che in generale è sempre possibile, dato che si conosca lo stato igrometrico delle masse murarie di una costruzione, di dedurre come avverrà lo scambio di umidità tra dette murature e l'aria ambiente con approssimazione attendibile, come pure ci consentirà di stabilire, sempre con errori tollerabili, entro qual limite di tempo la muratura umida avrà raggiunto quel tal grado minimo di umidità di cui si parlò più sopra, e che è un dato ottenuto sperimentalmente.

In altri termini, sarà possibile dedurre, se si conosce lo stato di umidità della muratura, quali conseguenze possa risentirne l'ambiente; risultato che può venire ricavato una volta per sempre, indipendentemente dalle condizioni fisiche dell'atmosfera al momento della determinazione, poichè conoscendosi per una data località, il grado proprio di umidità delle singole specie di murature e l'andamento, nelle varie stagioni, della curva di cessione della umidità in rapporto all'ambiente, si potrà subito, con una sola determinazione, stabilire e lo stato dell'ambiente, provocato dalla sorgente di umidità, e la durata di uno stato anormale, dato che in base alla ricerca, tale sia.

Che infine le variazioni climatologiche da annata ad annata, meno casi eccezionali, possano avere importanza minima sull'andamento dell'asciugamento dei muri, lo dimostrano e da una parte le ricerche di laboratorio, e d'altra parte, nella pratica, il prosciugamento delle nuove costruzioni, che generalmente avviene sempre con procedimento pressochè costante in una stessa località.

L'esame del fenomeno fatto fin qui mi dispensa dal discutere troppo lungamente sopra di un metodo di analisi misto, nel quale si facesse uso dei due procedimenti anzi ricordati, poichè oltre che riescire la determinazione molto lunga e complessa, il risultato, ben inteso in generale, non sarebbe esatto, in ogni caso poi meno esatto di quello che si può ottenere agendo direttamente e soltanto sulle masse murarie.

Da quanto esposto credo intanto si possa ritenere che per poter giudicare, con criteri scientificamente rigorosi, della abitabilità di una casa, bisogna procedere sulle masse murarie, e soltanto vagliando opportunamente i risultati ottenuti, tenendo quindi conto di altre condizioni speciali, si potrà concludere sullo stato dell'ambiente interno. Determinazioni eseguite direttamente sull'aria ambiente possono invece condurre a conclusioni molto errate, pur avendo tenuto, durante le esperienze, una tecnica assolutamente rigorosa.

Nell'ultima proposizione accennai alla necessità che i risultati, che si ottengono dalle esperienze condotte direttamente sulle masse murarie, abbiano ad essere convenientemente vagliati; infatti, è certo che prelevando campioni di muratura a profondità variabili sopra una stessa massa, o prelevando campioni a profondità uguali, ma sopra muri esposti diversamente, o prelevando campioni a profondità uguali sopra muri egualmente esposti, ma costituiti di materiali non simili, od infine prelevando campioni in condizioni del tutto simili, ma sopra muri che abbiano spessori alquanto differenti, è certo che i risultati che si possono ottenere all'analisi, possono essere molto vari e tali da contraddirsi completamente uno con l'altro.

Però in tutti questi casi si tratta di questioni di fatto assolutamente determinabili, delle quali uno sperimentatore provetto può tenerne conto a prima vista molto facilmente. È poi sempre possibile ricorrere al prelevamento di più campioni operando sui muri che a primo criterio diano affidamento di fornire dati estremi, in base ai quali si potrà, con esattezza molto sufficiente, concludere. Ad avvalorare queste conclusioni si potrà sempre tenere in debito conto gli studi sperimentali eseguiti intorno a questo argomento, che fortunatamente sono numerosi e provenienti da ricercatori diligenti ed autorevoli.

Ed ancora, prima di abbandonare questo campo, vediamo quale dovrà essere il coefficiente di tolleranza, per una data massa muraria, onde poterla dichiarare in condizioni da non inquinare l'aria ambiente. Qui nuovamente ci imbattiamo in difficoltà non lievi, poichè, come già ricordato, esso coefficiente è in dipendenza: dello spessore della muratura; della qualità del materiale impiegato nella costruzione; della ubicazione del muro in rispetto ai raggi solari ed alla direzione dei venti predominanti, se detto muro è perimetrale; nonchè dello stato igrometrico medio dell'aria atmosferica della località. Sarà necessario, da tutto questo complesso di fattori che possono venire a perturbare l'osservazione, che per ogni località vengano stabiliti dei dati fondamentali, ricavati in base a numerose determinazioni, possibilmente eseguite sopra murature stagionate ed in buone condizioni, che potranno servire di paragone per poter concludere sulla condizione della muratura in rapporto all'ambiente.

Il procurarsi questi dati di paragone non è cosa difficile; infine è anche utile ricordare che questi dati non sono suscettibili di variazioni, perchè in fondo essi non rappresentano che il grado proprio di umidità delle murature, del quale già parlai, e che non cambia per una data località per condizione alcuna, se non intervengono fattori esterni speciali, che saranno sempre determinabili di volta in volta.

\* \* \*

Igienicamente la soverchia umidità dei muri certamente è dannosa. È sicuro, del resto su ciò ritorneremo più avanti, che le masse murarie umide aumentano oltre il normale il quantitativo di umidità relativa dell'aria di un ambiente; ma l'aumento

della umidità relativa, a parità di altre condizioni, vuoi dire aumento di vapor acqueo nell'ambiente.

La capacità al calorico dell'acqua come noto è 1,00, coefficiente veramente notevole; l'aria contenente umidità trasmette il calorico tanto più intensamente quanto più cresce il suo contenuto di vapor acqueo, naturalmente sempre a parità di altre condizioni. Se ora vogliamo considerare che l'equilibrio termico dell'organismo umano è principalmente basato su un rapporto costante fra calorico prodotto e calorico ceduto, ne risulta che se contorniamo l'organismo, di un ambiente che sottragga energicamente il calorico prodotto, il detto equilibrio verrà certamente turbato e ne risentiremo un danno, che sarà tanto più intenso quanto più prolungato sarà il soggiorno in un ambiente carico di umidità.

È proprio su questo principio che molti autori hanno voluto trovare la causa di alcune malattie. Non è forse qui il caso di insistere troppo su questo principio che forse oggi viene contraddetto da stadi e scoperte nel campo della batteriologia; è però certo che l'insieme, delle condizioni più sopra considerate, pongono l'organismo in uno stato di debolezza, di inferiorità tali da renderlo più attaccabile da agenti patogeni che così trovano una lotta meno aspra per moltiplicarsi e quindi causare conseguenze serie.

All'infuori poi di queste cause il danno dell'organismo, per la sottrazione di calorico troppo attiva, ne esiste un'altra di una importanza pure molto grande. È noto che la quantità di acqua ceduta, per necessità fisiologiche, dal nostro corpo, non è indifferente; questa massa d'acqua viene eliminata circa in parti eguali per mezzo della respirazione e attraverso alla nostra pelle sotto forma di vapore e di sudore. Se nell'ambiente il grado igrometrico è molto elevato, riuscirà più difficile la vaporizzazione dell'acqua emessa; la nostra pelle quindi rimarrà costantemente umida, e forse anche più difficilmente si avrà l'eliminazione dell'acqua prodotta dall'organismo, come pure meno liberamente si effettuerà una abbondante e facile respirazione. Il fenomeno certamente per pure cause fisiche si dovrà produrre; non è mio compito di stabilirne la sua importanza per le perturbazioni che può causare nelle funzioni dell'organismo; è però certo che è talmente preso in considerazione da molti eminenti studiosi, che questi non si peritano di ascrivere la causa dei gravi malanni, risentiti dall'uomo obbligato a soggiornare in ambienti confinati, principalmente al grado igrometrico dell'aria, che in breve tempo, per il fatto della respirazione, può elevarsi considerevolmente.

È qui utile anche considerare come l'ambiente umido si potrà tener pulito molto più difficilmente di altro non in tali condizioni, perchè le condensazioni, per variazioni anche piccole di temperature, saranno molto facili e con esse si fisseranno negli angoli ed alla superficie delle pareti degli ambienti e delle suppellettili, notevole quantità di pulviscolo; cosicchè, in breve tempo, nelle stanze umide, si formerà una pattina di sudiciume che qualche volta potrà prendere proporzioni veramente considerevoli.

È perciò assolutamente necessario di portare a condizioni normali lo stato igro-

metrico di un ambiente, e quindi cercare, dato che i danni possono essere notevoli, di mettere gli ambienti di nuova costruzione in condizioni tali che gli inconvenienti che vengono causati dal coefficiente di umidità dei muri, sempre elevato nei primi anni di esercizio di una nuova costruzione, vengano almeno in parte ovviati. Si può ottenere totalmente, o almeno parzialmente, questo risanamento?

Questo risanamento certamente si può ottenere riscaldando e ventilando l'ambiente, e cercando di diminuire in modo notevole il grado di umidità relativa, cioè quello sensibile al nostro organismo; ciò si può ottenere con facilità; è sempre possibile e comodo di elevare la temperatura di un ambiente; però questo espediente, che a prima vista può sembrare tanto semplice, può essere invece causa di grave danno, almeno temporaneo, perchè non dobbiamo dimenticare che aumentando la temperatura delle masse murarie, si aumenta pure la temperatura delle masse murarie, e quindi si accresce la tensione del vapor acqueo racchiuso in esse promuovendone un maggior riversamento verso l'interno dell'ambiente.

Si può però ovviare a questo inconveniente disponendo le cose con criterio razionale, come risulta esaminando alquanto attentamente come si comportano i vari tipi di riscaldamento in confronto al caso specifico.

Per poter ragionare facilmente, immaginiamo raggruppati i riscaldamenti oggi in uso in due grandi categorie: riscaldamenti nei quali si usa l'aria come mezzo di trasporto del calorico, e riscaldamenti invece, nei quali all'uopo viene usato un altro mezzo. Nel primo gruppo si intendono inclusi anche i riscaldamenti misti quando danno per effetto l'esistenza di aria calda nell'ambiente.

Fatta, per semplificazione, tale premessa, resta ad analizzare il modo di comportarsi dell'ambiente in presenza dei due vari sistemi di somministrazione del calorico, poichè nei sistemi a vapore od a termosifone, la muratura in gran parte è soggetta all'azione del calorico di irradiazione, mentre con quelli ad aria, il calorico di irradiazione non sussisterà e di contro si avrà grande quantità di calorico per trasmissione diretta, fornito dall'aria in successivo contatto con le varie pareti dell'ambiente.

Nei sistemi ad irradiazione, essendo l'aria conduttrice meno buona del calorico della muratura, le pareti della stanza si riscaldano più rapidamente dell'aria ambiente, e l'umidità racchiusa tenderà vieppiù a trasformarsi in vapore acqueo, e quindi, per la maggior tensione, a riversarsi, almeno in parte, nella stanza. In questo caso l'ambiente interno per la presenza del corpo irradiante, acquisterà un grado igrometrico più sentito senza, e questo è importante per le condizioni rispetto agli abitatori, che aumenti in proporzione la temperatura dell'aria; in queste condizioni il vapore acqueo potrà rapidamente raggiungere il punto di rugiada; la condensa-

zione qualche volta potrà, anche rendersi visibile con precipitazioni sopra le suppellettili fredde, come specchi, tavoli di marmo, ecc.

Si potranno anche avere delle precipitazioni invece sulle pareti murarie, quando venga a cessare l'azione del corpo irradiante calore, poichè esse in causa dell'umidità racchiusa si raffreddano molto più rapidamente, come si potranno poi anche avere costantemente condensazioni sopra quelle pareti murarie non direttamente soggette all'azione del corpo irradiante calorico.

Considerazioni invece ben diverse si possono fare nel caso di riscaldamento ad aria. In questo caso non si ha per nulla calorico di irradiazione; le pareti murarie dell'ambiente vengono riscaldate per contatto diretto; per il potere basso di trasmissione del calore, proprio all'aria, esse subiranno differenze termiche lente: la trasformazione nello stato fisico dell'acqua avverrà dunque soltanto dopo qualche tempo, e, per la temperatura notevole dell'aria-ambiente, subito il vapore acqueo assumerà una notevole tensione, quindi anche essendo maggiore il quantitativo assoluto di umidità, quello relativo, che è quello a noi sensibile, resterà sempre basso e sempre sopportabile per l'abitatore.

Questi ultimi sistemi di riscaldamento facilitano poi una attiva ventilazione nelle stanze e anche per questa loro proprietà, buona parte del vapore acqueo, prodotto dall'umidità propria del muro, non sarà resa sensibile perchè esportata dall'ambiente.

Certo, se il riscaldamento fosse di breve durata e dovesse venire a cessare repentinamente, restando per queste condizioni speciali i muri freddi, si avrebbe allora una forte precipitazione di vapore acqueo sopra le pareti, e l'ambiente, nel caso speciale, verrebbe danneggiato pel fatto del riscaldamento a motivo dell'umidità che in maggiore quantità verrebbe richiamata nell'aria dalle masse murarie; la condizione, tutta speciale, non può però formare argomento per serie critiche, sotto questo rapporto, al sistema di riscaldamento, poichè un impianto di riscaldamento ad aria, anche di poca importanza, per ragioni economiche non verrà mai attivato per tempo sì breve, che il menzionato fenomeno possa avvenire.

Dunque il tipo di riscaldamento in una casa di recente costruzione può avere una importanza capitale in rapporto agli effetti della umidità che dai muri si riversa nell'ambiente; l'impianto di un sistema piuttosto di un altro, non solo può attenuare uno stato di cose dannoso per gli abitatori e per la buona manutenzione stessa della casa, ma può anche assolutamente correggerlo; in più, poi, un riscaldamento non studiato e installato in modo poco razionale, in confronto dello stato igrometrico delle murature, può dare dei danni economici nel suo esercizio tutt'altro che trascurabili.

Con l'aiuto di brevi dati forniti dalla fisica è sempre possibile di rendersi chiaro ed evidente il fatto, la capacità al calorico dei laterizi asciutti oscilla intorno a 0,2-0,3 del loro peso, o 0,5-0,8 del loro volume; quella invece dell'acqua è 1,00. Dunque, evidentemente, se il materiale costituente la parete possiede molta acqua, per riscaldare la massa muraria bisognerà somministrarle una quantità di calorico molto più notevole in confronto di materiali in buone condizioni di prosciugamento.

La differenza può ritenersi mediamente del 50 %; calcolando poi la massa muraria costituente una stanza, è facile, senza bisogno di ulteriori ragionamenti, rendersi conto della perdita notevole di calorico che si ha per queste condizioni sfavorevoli di costruzione.

Ma non soltanto questa è causa grave di inferiorità della muratura umida in confronto della asciutta, poichè, considerato anche raggiunto lo stato di regime nel riscaldamento della massa, si avrà sempre una ulteriore perdita costante. È ormai noto, per dati sperimentali, che l'acqua trasmette il calorico circa, in cifra rotonda, 25 volte più dell'aria; nei muri essiccati, alle particelle di acqua, che imbibiscono data la porosità dei materiali, si sostituisce dell'aria. Da quanto si è detto più sopra, la capacità termica specifica dei muri umidi, si avrà in questi ultimi, in confronto di quelli normali, una nuova perdita continua, per trasmissione diretta, molto notevole.

Altra perdita si avrà anche pel fatto che l'acqua, fissata meccanicamente nelle murature, vaporizza lentamente, mutando cioè il suo stato fisico: il fenomeno si accelererà col crescere della differenza termica tra muro e ambiente; per il fatto dello stesso fenomeno fisico vengono assorbite dunque altre calorie che rimangono fissate, fino a che il vapor acqueo non abbia nuovamente a condensarsi. Parte di questo vapore acqueo si riverserà all'esterno, mentre altra parte rimarrà nella stanza; il calorico della temperatura ambiente interna aumenterà la tensione del vapore; questo aumento però di potenziale di energia che si sviluppa, non va dimenticato, fissando calorico, non produrrà più il suo reddito pel riscaldamento.

L'effetto di tutti questi fenomeni fisici, trascurandone qualche altro di minor importanza, causa, pur ammettendo di poter mantenere l'aria-ambiente di un locale chiuso ad una temperatura prestabilita, la necessità, ad eguali condizioni, di impiego di maggior quantitativo di calorico con la permanenza, anche aumentando oltre misura la temperatura dell'ambiente, di una bassa temperatura invece nelle masse murarie.

Fino a questo punto ho cercato di dimostrare la necessità di riscaldare in modo razionale le case di recente costruzione, per combattere l'umidità che altrimenti si riverserebbe nell'ambiente; però può farsi l'obbiezione se non havvi qualche metodo che permetta, nel tempo impiegato per finire la casa, di portare le masse murarie ad uno stato igrometrico normale. Naturalmente si cercò con svariati mezzi di risolvere questa difficoltà; molti ne furono escogitati, tutti poco efficaci, compreso quello, di uso alquanto comune, di disporre nei singoli vani stufoni, riversando quindi anche i prodotti della combustione nell'interno dell'ambiente, perchè non vada disperso, anche in minima parte, calorico.

Il metodo è errato, non solo perchè non «corrisponde come finalità, ma anche perchè danneggia, invece di migliorare, l'ambiente e le masse murarie. Lo sviluppo

grande di anidride carbonica che si ha dalla stufa, in un al calorico elevato, trasforma molto rapidamente l'idrato di calcio della superficie esterna delle murature in carbonato di calcio. In altri termini si verrà a disporre attorno alla massa muraria una crosta di qualche spessore che, almeno per un certo lasso di tempo, è impermeabile. Così in definitiva avremo, dopo questo prosciugamento artificiale, ambiente igrometricamente in buone condizioni e murature di contro più o meno cariche di acqua, ma sempre però con un contenuto di umidità superiore, al normale grado proprio di umidità delle murature, indicato per la località.

Per quanto con questo metodo non si fa che chiudere un nemico insidioso in casa, si potrebbe ancora tollerarlo, almeno per casi speciali di urgenza, se si fosse certi che il danno possibile, restando pur sempre latente, non si sviluppasse che molto difficilmente; ma invece, dopo brevissimo tempo, l'umidità troverà uscita egualmente verso l'ambiente, e la sua azione nei rapporti dell'ambiente e della costruzione sarà sempre molto dannosa, ed il prosciugamento non avrà servito ad altro che a trarre in inganno l'operatore, se questi opera direttamente sull'ambiente, incaricato di giudicare sulla abitabilità della costruzione.

Affermai che dopo breve tempo l'umidità vincendo lo strato impermeabile si porterà alla superficie della muratura e danneggerà anche sensibilmente la costruzione; ed infatti, l'umidità racchiusa nella muratura per azione del calorico aumenterà di tensione ed a poco a poco troverà una qualche via d'uscita, attraverso allo strato impermeabile, per portarsi alla superficie; quivi si formerà subito una macchia caratteristica, perchè si formerà una precipitazione umida ed in breve tempo si formeranno nitrati e nitriti, si svilupperanno colonie di microorganismi che trovano un terreno favorevole per moltiplicarsi, ma anche per intaccare, con azione lenta ma costante, la massa muraria. Dopo un volgere di tempo non tanto lungo le macchie aumentano, invadono la parete, la crosta impermeabile scompare, l'umidità penetra nell'ambiente abbondantemente, e la muratura, o almeno l'intonaco esterno, viene ridotto in condizioni miserevoli.

È certo che, a parità di altre condizioni, l'ambiente non si sarebbe rovinato, se si avesse lasciato che le masse murarie si fossero asciugate normalmente, permettendo all'acqua in esse racchiusa una graduale uscita verso l'aria lambente le pareti.

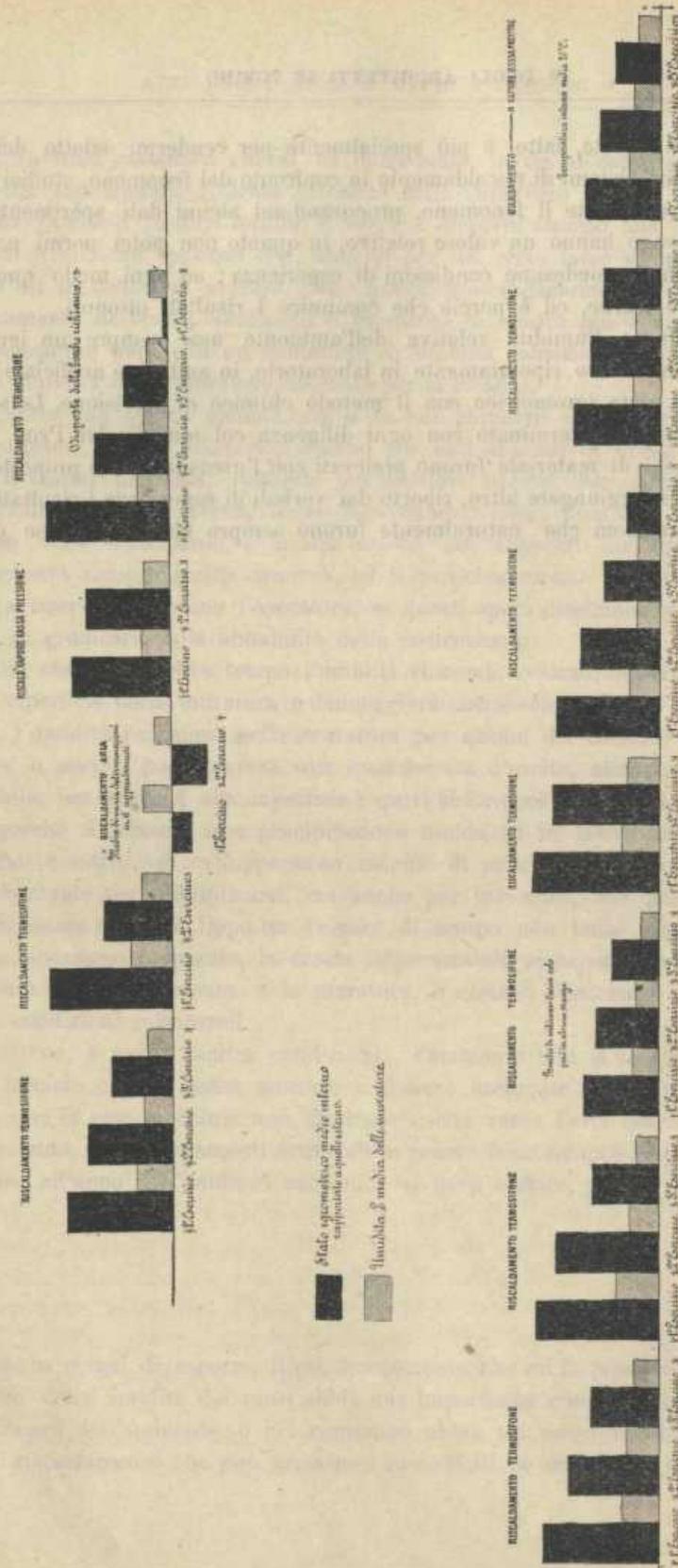
Concludendo, i prosciugamenti artificiali in genere sono sempre sospetti; l'impiego poi specifico all'uopo dell'anidride carbonica si deve evitare, perchè dannoso.

\*  
\* \*

Da quanto cercai di esporre, il più brevemente che mi fu possibile, appare come il fenomeno della umidità dei muri abbia una importanza considerevole in confronto delle condizioni dell'ambiente, e nel contempo abbia un nesso molto intimo con il sistema di riscaldamento che può mutarne i suoi effetti, se studiato in modo razionale.

Convinto di questo fatto, e più specialmente per rendermi edotto del comportamento dei vari sistemi di riscaldamento in confronto del fenomeno, studiai in questi ultimi anni direttamente il fenomeno, procurandomi alcuni dati sperimentali. Certo i dati che espongo hanno un valore relativo, in quanto non potei pormi per ragioni ovvie sempre nelle medesime condizioni di esperienza; ad ogni modo qualche conclusione si può trarne, ed è perciò che comunico i risultati ottenuti.

Per determinare l'umidità relativa dell'ambiente usai sempre un igrometro a capello, che controllavo ripetutamente in laboratorio, in ambiente artificiale del quale determinavo lo stato igrometrico con il metodo chimico di precisione. Lo stato delle murature fu sempre determinato con ogni diligenza col metodo del Prof. Pagliani. Infine, i campioni di materiale furono prelevati con l'utensile da me proposto qualche tempo fa. Senza aggiungere altro, riporto dai verbali di esperienza i risultati avuti in alcune determinazioni che naturalmente furono sempre fatte sopra case di Torino.



**1° Gruppo di esperienze.** — Casa da pigione. Appartamento d'angolo, esposizione S. E.-S. O., composto di 6 stanze e corridoio. Riscaldamento a termosifone; nessuna bocca di ventilazione nell'appartamento. 1° *Inverno di esercizio*: il permesso d'abitabilità fu concesso nell'antecedente primavera: umidità relativa all'esterno, 72%; idem., nell'interno della casa, 80%; stato medio dei muri, 2,8%, temperatura media delle stanze, 16° C.; notevole che le pareti dello stano esposte a S. E. verso l'esterno, presentavano macchie di umidità evidenti; le tappezzerie erano fortemente danneggiate; il quantitativo di umidità delle murature davano sempre una percentuale maggiore dell'0,75% di più che altri muri pure perimetrali di uguale spessore; umidità sensibile all'organismo. 2° *Inverno di esercizio*: umidità rotativa all'esterno, 68%; idem., media nell'interno della casa, 75%; stato dei muri, 1,9%; temperatura media delle stanze, 15° C.; fenomeno sulle pareti esposte S. E., perimetrali sempre molto visibile; quantitativo umidità delle murature S. E. dava un aumento percentuale, sugli altri muri in eguali condizioni di spessore, dell'0,60% in media; umidità sensibile all'organismo. 3° *Inverno d'esercizio*: le condizioni di ambiente e quelle delle murature migliorano, per quanto i fenomeni di umidità siano ancora ben visibili; l'umidità non è più sensibile all'abitatore.

**2° Gruppo di esperienze.** — Appartamento al primo piano di una palazzina isolata, composta di 11 stanze: riscaldamento termosifone; nessuna bocca di richiamo d'aria; il permesso di abitabilità fu concesso nel luglio precedente. 1° *Inverno d'esercizio*: umidità relativa esterna, 75%; umidità relativa media interna, 89%; stato medio dei muri, 2,3%; temperatura media nelle stanze, 17° C.; rimarchevole: le pareti esposte a N. E., presentavano macchie caratteristiche di umidità; le tappezzerie erano totalmente rovinate; il padrone di casa dovette provvedere a cambiarle nell'estate successiva; al mattino, prima che il riscaldamento fosse in completa attività, lo stato igrometrico dell'ambiente era elevato, tale che la biancheria o gli indumenti erano sensibilmente umidi. L'umidità delle pareti meno esposte al calorico di irradiazione presentava un aumento medio sulle altre masse murarie della casa, dell'0,95%. 2° *Inverno di esercizio*: condizioni simili all'esercizio precedente, con qualche miglioramento. 3° *Inverno di esercizio*: continua il miglioramento; però si hanno ancora fenomeni di umidità evidenti. 4° *Inverno di esercizio*: le condizioni sono notevolmente migliorate; però l'ambiente ancora non è completamente risanato.

**3° Gruppo di esperienze.** — Appartamento di una casa da pigione, esposto a S. E. al 2° piano, composto di 7 stanze e corridoio; riscaldamento ad aria; nessuna bocca di eliminazione dell'aria viziata; il permesso di abitabilità fu concesso nella primavera. 1° *Inverno di esercizio*: umidità relativa esterna, 73%; umidità relativa interna, 75%; stato medio dei muri, 2,9%, temperatura media nelle stanze, 16° C.; nessun fenomeno di umidità sulle pareti murarie; gli abitatori interrogati, non si lagnano delle condizioni dell'ambiente. 2° *Inverno di esercizio*: umidità relativa esterna, 70%; idem., interna, 68%; stato medio dei muri, 1,8%; temperatura media nelle stanze, 16° C.; condizioni generali dell'alloggio molto buone.

**4° Gruppo di esperienze.** — Appartamento di una grossa casa da pigione, al 3° piano, d'angolo, esposto a N. E.-N. O., di 11 stanze; riscaldamento a vapore a bassa pressione; nessuna canna di ventilazione; il permesso di abitabilità fu concesso in estate. 1° *Inverno di esercizio*: umidità relativa esterna, 68%; umidità relativa interna, 81%; stato medio dei muri, 3,1%; temperatura media nelle stanze, 16° C.; ambiente poco sopportabile per l'abitatore; segni evidenti e numerosi di umidità sulle pareti murarie; gli inquilini abbandonarono l'alloggio a metà dicembre, perchè le signore accusavano disturbi reumatici; alla notte nei letti era sensibile l'umidità. 2° *Inverno di esercizio*: condizioni generali migliorate, per quanto l'abitabilità dell'appartamento non sia delle più felici.

**5° Gruppo di esperienze.** — Appartamento al 1° piano di una palazzina isolata, composto di 9 vani. Concessa l'abitabilità in primavera; riscaldamento a termosifone, però singolo per lo appartamento; la caldaia è disposta nell'anticamera; nessuna bocca di ventilazione. 1° *Inverno di esercizio*: umidità relativa esterna, 73%; umidità relativa interna, 85%; stato medio dei

muri, 2,8 % ; temperature medie nelle stanze, 16° C. — È a notarsi che il riscaldamento era tenuto in attività dagli abitatori solo durante il giorno; la temperatura in questo periodo di tempo saliva altissima per la irradiazione della caldaia; lo stato dei muri alla mia visita era miserevole; le tappezzerie completamente rovinate, e gli intonachi minacciavano già qua e là di cadere, per alcune ore della giornata, quando il riscaldamento diminuiva, l'ambiente si rendeva insopportabile; gli inquilini dovettero sloggiare, ed il padrone rinunciare al contratto di affitto.

Feci alcune altre osservazioni, delle quali dò ragione, per brevità, nel diagramma, i risultati furono del tutto simili a quelli sopra elencati.

La difficoltà di poter entrare in casa d'altri e di poter procedere alla prelevazione di campioni, mi impedirono di procurarmi maggior numero di dati; in ogni modo credo che quelli raccolti, e dei quali esposi, per i più tipici, anche un sommario commento, mi possono permettere le seguenti proposizioni:

1° Dall'insieme delle osservazioni sperimentali risulta che nelle costruzioni nuove dotate di riscaldamenti per irradiazione, il prosciugamento avviene molto più lentamente che in altre costruzioni che si trovano in condizioni circa eguali munite di riscaldamento ad aria calda.

2° In costruzioni provviste di riscaldamenti per irradiazione i corpi riscaldanti dovranno essere collocati in prossimità delle pareti murarie che presumibilmente contengono un quantitativo assoluto di umidità maggiore, in modo che siano esposte più direttamente all'azione del calorico.

3° Per rendere più attiva l'azione di prosciugamento dei riscaldamenti per irradiazione, questi dovranno essere provvisti di un mantello comunicante con l'esterno, in modo che venga diminuita l'azione del calorico d'irradiazione e venga nel contempo promosso un richiamo d'aria dall'esterno che, previo riscaldamento, si mescoli con l'aria interna, e quindi diluisca il quantitativo di umidità relativa dell'ambiente.

4° Provvisto alla condizione 3°, sarà bene disporre opportunamente negli ambienti bocche di ventilazione che possano esportare aria ed umidità.

5° Gli impianti di riscaldamento di qualsiasi genere, potranno essere utilizzati vantaggiosamente pel prosciugamento delle costruzioni nuove prima di adibirle ad abitazione, quando si impieghino in modo razionale, e cioè si unisca il riscaldamento con una abbondante aereazione degli ambienti, che potrà essere fatta a periodi; in questo caso si dovrà provvedere, per intensificare l'azione, a mantenere perennemente negli ambienti una temperatura alquanto elevata (20° C). Riscaldamenti temporanei, o stufoni disposti senza ventilazione, sono dannosi nei rapporti del prosciugamento e della buona manutenzione delle opere murarie.

6° Per rendere più attiva l'azione del prosciugamento, sarà bene far agire il riscaldamento quando i muri siano sprovvisti di tappezzerie, per rendere più facile la dispersione nell'ambiente dell'umidità.

7° Nei rapporti del prosciugamento e della economia termica delle case di nuova costruzione, saranno a preferirsi ai riscaldamenti per irradiazione i riscaldamenti ad aria calda.

8° In località, ove il grado igrometrico medio dell'aria sia elevato, o che le condizioni del suolo umide diano a temere uno stato igroscopico delle murature poco favorevole, il sistema di riscaldamento più conveniente per combattere tali condizioni di luogo, poco favorevoli alla abitabilità, è il riscaldamento ad aria calda.

Possono poi i riscaldamenti ad aria presentare inconvenienti di altro genere tanto grandi, da renderli non consigliabili nelle applicazioni, come si ritenne negli ultimi anni?

Ecco un quesito che merita speciale attenzione. Le accuse più forti fatte a questi impianti, riassunte, sono: che essi producono uno stato di secchezza troppo elevato nell'aria-ambiente, che importano negli appartamenti masse considerevoli di pulviscolo, ed infine, accusa gravissima, che possono molto facilmente diffondere nei locali ossido di carbonio. Di contro presentano il vantaggio di promuovere una attiva e proficua ventilazione nell'interno degli appartamenti. Su quest'ultimo punto credo che tutti quanti si occupano di tecnica di riscaldamenti siano d'accordo; perciò credo inutile soffermarmi.

Sugli appunti che invece si fanno al sistema, forse l'accordo non è così completo. Le ragioni sostenute da chi difende questi impianti sono: che oggi si costruiscono riscaldamenti ad aria nei quali è possibile, con grande facilità, di regolare il grado igrometrico dell'ambiente a volontà di chi esercisce; quindi lo svantaggio di altri tempi, può invece diventare condizione favorevole per l'ambiente; che mediante filtri, di esercizio molto semplice, si evitano totalmente gli inconvenienti dell'eccesso di pulviscolo negli alloggi; anzi, con la loro applicazione, si potrà avere un ambiente molto meno inquinato; che le perdite di ossido di carbonio attraverso alle pareti metalliche del corpo del calorifero, in base alle ultime ricerche condotte con mezzi molto sensibili, possono escludersi, e si può ritenere che molti degli infortuni che si ebbero con riscaldamenti ad aria debbano ascriversi od a difetti propri dell'impianto, od a trascuranze nell'esercizio, trascuranze non più possibili negli impianti perfezionati che oggi si costruiscono.

Non è certo con queste poche parole che intendo fare una difesa dei riscaldamenti ad aria; soltanto mi limito ad esporre fatti di notevole importanza, che, se non totalmente, almeno parzialmente, possono modificare il giudizio che fino ad oggi generalmente si aveva sopra questi sistemi, e di conseguenza consigliarne ancora la loro applicazione in molti casi, senza timore di commettere un grave errore.

\*  
\*  
\*

Il problema di come si svolge la vita in ambienti chiusi che travaglia da tanto tempo eminenti studiosi, ancora non è risolto pienamente; le cause dell'inquinamento dell'aria non sono bene stabilite; però per eliminazione gli studi oggi hanno forse trovato un nuovo indirizzo; infatti si è potuto stabilire con metodo rigoroso che l'ossigeno, l'indispensabile combustibile della nostra macchina-organismo, è diffuso

nell'atmosfera in quantità pressochè costante, tanto in aperta atmosfera, quanto in ambiente confinato e poco propizio per le condizioni della vita; si è stabilito che l'anidride carbonica, anche se raggiunge proporzioni considerevoli non è dannosa per l'organismo, la vita è normalmente compatibile anche in ambienti nei quali la percentuale di questo gas sia elevatissima; caduta quasi completamente l'ipotesi della immissione, per parte dell'organismo, di sostanze venefiche come rifiuto della vita organica, non rimane che ascrivere la causa dei malesseri che si provano in ambienti confinati, all'azione della umidità atmosferica, a quella del pulviscolo dell'aria, ed a quella della temperatura dell'ambiente.

Su questi fattori infatti, oggi eminenti scienziati dirigono i loro studi per strappare il segreto della ragione del malessere, e quindi avere una guida sicura per apportare il rimedio. Quale sia l'azione specifica di ciascheduno di questi fattori ancora non è affermato; certo però non si può più dubitare della loro importanza, tanto più che qualche esperienza in proposito diede già risultati sufficientemente conclusivi a questo nuovo indirizzo di studi.

La teoria indica la via agli studi nel campo delle applicazioni. Un nesso, e molto stretto, come con povera argomentazione ho cercato di dimostrare, esiste tra riscaldamento e stato igrometrico degli ambienti; le due condizioni, che si compenetrano come finalità in un unico effetto, assurgono, allo stato degli ultimi studi, ad importanza capitale: per creare alloggi sani, nei quali possano di poi energicamente svilupparsi le attività febbrili della vita odierna, bisogna quindi dar grande importanza ai fattori: riscaldamento e umidità relativa.

Il problema è ormai, a noi tecnici, bastevolmente precisato: chiamati alla costruzione di appartamenti modernamente comodi, igienici e sani, dobbiamo curare un giusto equilibrio tra questi fattori e studiare soluzioni razionali del problema rispondenti agli sforzi delle indagini teoriche.

*Ing.* R. BIANCHINI

Assistente nell'Istituto d'Igiene della R. Università di Torino.