

La riduzione dei costi per il rifornimento energetico non è il solo vantaggio che deriva dall'abitare in un edificio a basso consumo costruito secondo principi ecosostenibili. Considerando che trascorriamo circa il 90% del nostro tempo in spazi chiusi la qualità del benessere indoor, che consegue a una buona pratica progettuale, rappresenta un valore aggiunto difficilmente quantificabile in termini monetari ma immediatamente percepibile.

Secondo le teorie dello studioso danese P.O. Fanger la condizione di benessere qualitativo, ossia l'atteggiamento mentale di soddisfazione provato da un individuo nei confronti di un ambiente confinato, dipende dall'interazione di alcune variabili ambientali e soggettive. La temperatura (ambientale e radiante), l'umidità relativa e la velocità dell'aria, che incidono sul comfort termoisometrico, rappresentano i parametri maggiormente responsabili nella percezione del benessere. Concorrono però alla sensazione di gradimento ambientale anche la qualità dell'aria interna, la qualità visiva, determinata da fattori relativi all'illuminazione, l'esposizione a sorgenti sonore, che definisce il comfort acustico, il dispendio metabolico correlato all'attività svolta e la resistenza termica del vestiario indossato.

La temperatura effettivamente percepita dall'essere umano, la cosiddetta temperatura operativa, risulta influenzata sia dalla temperatura dell'aria ambientale (che dovrebbe rimanere compresa durante l'anno tra i 19 e i 26 °C) sia da quella radiante delle superfici che avvolgono l'ambiente (che non dovrebbe discostarsi oltre i 3 °C rispetto a quella

ambientale). Il corpo umano scambia calore con l'ambiente per irraggiamento e quindi il comfort termico percepito è direttamente proporzionale all'omogeneità termica delle superfici che lo circondano. Ridurre le dispersioni di calore migliorando la coibentazione dell'involucro esterno, finestre comprese, uniforma le temperature superficiali riducendo la cessione del calore corporeo. Contrariamente è possibile provare una spiacevole sensazione di freddo nelle vicinanze di una parete a bassa temperatura, percezione che può essere parzialmente compensata solo riscaldando ulteriormente l'aria interna, aumentando notevolmente gli sprechi energetici. Superfici a bassa temperatura, soprattutto imputabili agli infissi, generano inoltre un aumento dei moti convettivi dell'aria provocando negli abitanti una sensazione di discomfort.

Le porzioni dell'edificio con le temperature superficiali più basse sono rappresentate dai ponti termici, così definiti in quanto, durante il periodo invernale, favoriscono il trasferimento di calore verso l'ambiente esterno. Essi non solo aumentano sensibilmente le dispersioni energetiche complessive (fino anche al 30%) ma offrono un fertile terreno alla formazione di muffe. I ponti termici,

1. Risanamento energetico di una scuola a Casteldarne in Val Pusteria, ottenuto utilizzando esclusivamente materiali ecologici. I ponti termici preesistenti sono stati individuati tramite termografia e completamente eliminati attraverso l'applicazione di un isolamento termico di 20 cm di spessore. Progetto Mahlknecht & Mutschlechner Architekten (Documentazione Agenzia CasaClima)
2. L'impiego di materiali naturali come il legno e una corretta quantità di luce solare favoriscono la percezione di un elevato comfort abitativo da parte dei residenti (German Homes Ltd.)

LA PERCEZIONE DEL COMFORT NEGLI AMBIENTI INTERNI

36 di Alessandro Palazzo*

The perception of comfort in interiors

The reduction of costs for energy supplies is not the only advantage resulting from life in a low-consumption building built according to ecologically sustainable principles. Considering that we spend about 90% of our time in closed places, the quality of indoor wellbeing, which is the result of good design practices, is an added value that is hard to

quantify in monetary terms but immediately perceivable. According to the theories of the Danish scholar P.O. Fanger, the condition of qualitative well-being, that is to say the mental attitude of satisfaction felt by an individual in relation to a confined environment depends on the interaction of a number of environmental and subjective variables. Temperature (environmental and radiant), relative humidity and velocity of the air, which affect thermohygrometric comfort, are the main parameters responsible for perception of wellbeing. Other aspects, however, such as the quality of the indoor air, visual quality, determined by factors relating to lighting, exposure to sound sources defining acoustic comfort, metabolic rate correlated to physical activity and the heat resistance of the clothing one is wearing, also contribute towards a sensation of environmental satisfaction.

The temperature actually perceived by a human being, so-called operational temperature, is influenced both by the temperature of the ambient air (which should remain throughout the year between 19 and 26 °C) and by the radiant temperature of the surfaces surrounding the room (which should not deviate from the environmental temperature by



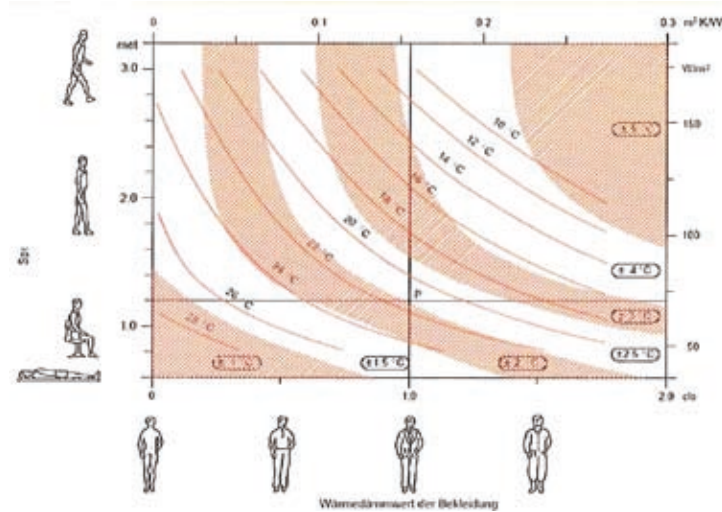
1

*Consulente esperto CasaClima, certificatore energetico, docente Politecnico di Milano

1.
2.



2



3

di origine geometrica o costruttiva, si dispongono negli angoli della costruzione e nelle congiunzioni tra elementi con differenti caratteristiche termiche, come ad esempio tra i tamponamenti e la struttura portante, nei punti di fissaggio dei serramenti o in presenza di aggetti non termicamente separati. Qualora l'umidità, sotto forma di vapore acqueo generato dalle consuete attività abitative (come lavare, asciugare, stirare, cucinare), fosse in quantità sufficientemente elevata da condensare a contatto con le superfici più fredde e perdurasse in quelle condizioni per un prolungato periodo di tempo, si assisterebbe alla crescita di macchie scure formate da colonie di spore batteriche, che disperdendosi a milioni nell'aria possono essere la causa di effetti dannosi sulla salute degli abitanti. I bambini e le persone con il sistema immunitario indebolito corrono infatti il rischio di malattie respiratorie di tipo infettivo, effetti irritativi su cute e mucose, allergie ed emicranie. L'eliminazione delle muffe non può precludere dall'annientamento delle cause della loro formazione. È inutile, e anzi estremamente dannoso per la salute umana e per l'ambiente, applicare prodotti fungicidi spesso a base di ammoniaca. È necessario invece ridurre il grado di umidità dell'aria, arieggiando regolarmente i locali "stressati", e alzare la temperatura superficiale del ponte termico, aumentandone la resistenza al passaggio di calore mediante l'applicazione, preferibilmente sul lato freddo della parete, di materiali isolanti. Il fenomeno della formazione di acari e muffe, causato dalla condensazione superficiale, può verificarsi con maggiore intensità in una vecchia costruzione qualora, a seguito dell'installazione di serramenti ermetici, senza contemporaneamente aver provveduto al risanamento termico dei muri, non si abbia l'accortezza di ventilare adeguatamente gli ambienti fornendo quell'apporto di aria fresca prima garantito da un involucro a scarsa tenuta.

3. Temperatura operante ottimale. La sensazione di comfort all'interno di un ambiente è influenzata da alcune variabili anche strettamente legate alla tipologia di attività svolta e al vestiario indossato (P.O. Fanger)

4. L'utilizzo interno di pannelli isolanti in fibra di legno privi di collanti sintetici, oltre ad aumentare la temperatura superficiale dell'involucro termico, rappresenta un ottimo regolatore per l'assorbimento e il rilascio dell'umidità normalmente generata dalle attività umane.

5. Gli impianti di ventilazione meccanica controllata, garantendo un regolare e adeguato ricambio d'aria negli ambienti confinati, innalzano la qualità dell'aria interna evitando la formazione di muffe, oltre a migliorare il comfort acustico generato dall'apertura manuale delle finestre (Hoval Homevent RS 180)

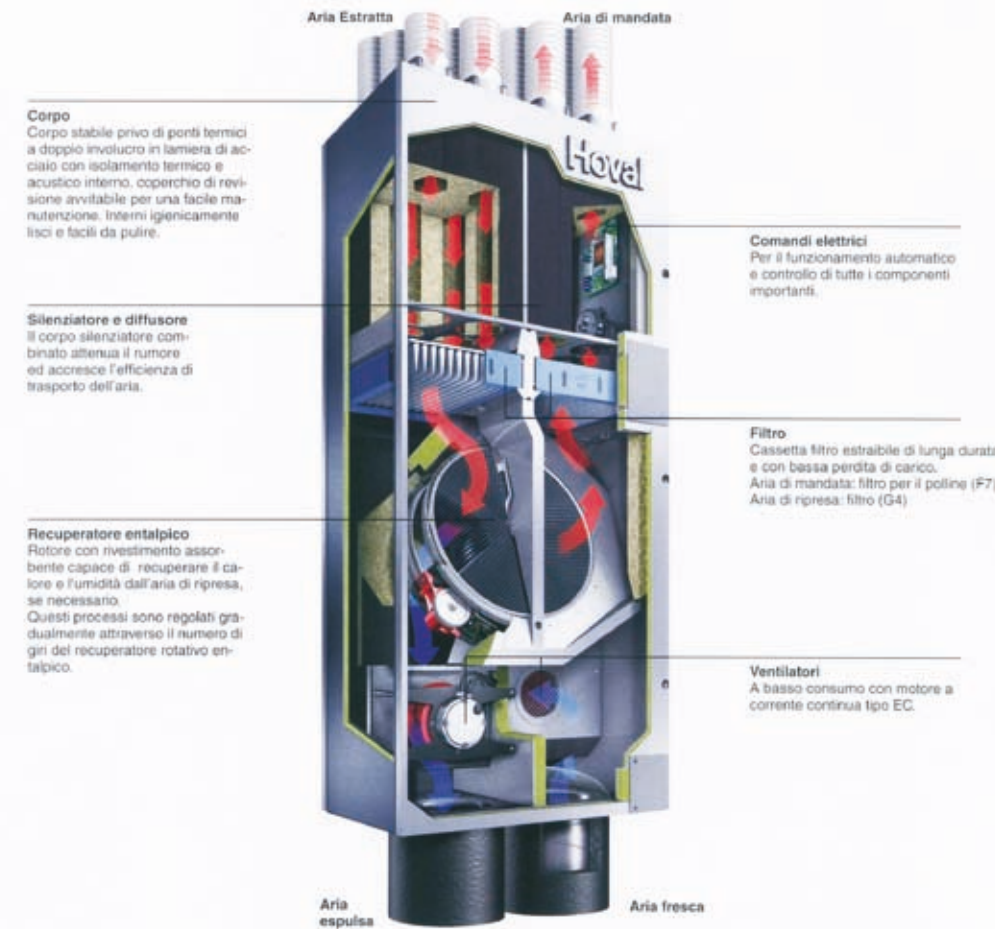
more than 3 °C). The human body exchanges heat with the environment by radiation, and the thermal comfort perceived is therefore directly proportional to the thermal homogeneity of the surfaces surrounding him. Reducing the dispersion of heat by improving the insulation of the outer cladding, including the windows, makes the surface temperatures uniform, thus lowering the loss of body warmth.

Conversely, it is possible to feel an unpleasant sensation of cold close to a wall that has a low temperature. This perception can be partly offset only by heating the inside air more, increasing energy wastage considerably. Surfaces that have a low temperature, above all due to doors and windows, also generate an increase in convective movement of the air, causing a sensation of discomfort for those living in the house.



4

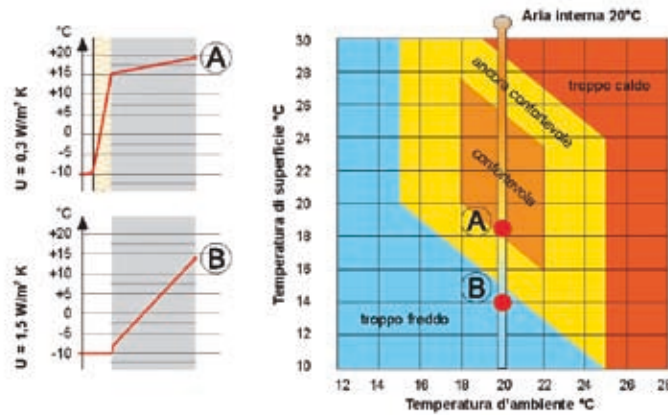
Those portions of the building with the lowest surface temperatures consist of thermal bridges, so called since they facilitate the transfer of heat towards the outside environment in winter. Not only do they increase considerably the overall dispersion of energy (even by up to 30%) but they also offer a fertile terrain for the growth of mould. Thermal bridges, originated by shape and construction methods, are found in the corners of a building and in the places where components having different thermal properties meet, for instance between infill walls and the load-bearing structure, in places where the windows are fixed or in the presence of jutting out parts that are not separated from the thermal point of view. If the quantity of moisture generated by normal daily activities (such as washing, drying, ironing, cooking) in the form of water vapour were sufficient to condense in contact with the coldest surfaces, and if such conditions should persist for an extended period of time, dark patches would grow, consisting of colonies of bacterial spores. Scattered in millions in the air, these can have harmful effects on the health of the inhabitants. Children and people with weak immune systems run the risk of infectious diseases of the respiratory system, irritation of the skin and mucous membranes, allergies and migraine. The elimination of mould cannot be achieved without destroying what causes them to form. It is useless, indeed extremely harmful for human health and for the environment, to apply fungicides often based on ammonia. It is necessary, instead, to lower the level of moisture in the air by airing the "stressed" rooms regularly, and to increase the surface temperature of the thermal bridge, increasing the resistance to the transfer of heat by applying insulating materials, preferably to the cold side of the wall. The development of mites and mould, caused by surface condensation, can occur with greater intensity in an old



5

building if, following the installation of hermetically sealed doors and windows without undertaking thermal rehabilitation of the walls, arrangements are not made to air the rooms adequately, allowing fresh air to enter, as previously allowed by the lack of sealing of the cladding. In these cases, it may be advisable to install a controlled mechanical ventilation system providing an adequate and constant hygienic change of air, with no need to actually open the windows. This should ensure an optimum moisture level, in addition to protecting the rooms being lived in from outside sources of noise pollution. If this solution is adopted, the thermal bridges will not be eliminated, and the consequences will be negative in terms of dispersion of heat, however the proliferation of the infestants will be avoided. In addition, if the mechanical ventilation system is equipped with a heat recovery system (featuring a performance level between 70% and 95%), it could have a significant impact on the energy balance of a low-consumption building. In order to promote a pleasant interior microclimate, the external structures of a building must ensure the dispersion of moisture from inside towards the outside. It is therefore necessary to avoid the application of materials such as heat-insulating paint or systems on the outside surface, since they do not allow sufficient diffusion. The correct layering of the components making up the thermal cladding and perfect airtightness, guaranteed by the homogeneous nature of the internal finishing, prevent the formation of interstitial condensation caused by the exchanges of water vapour originated by diffusion and convection respectively. This phenomenon would facilitate the generation of deterioration such as mould and rotting inside the box formed by the walls. In addition to their negative impact on the insulating capacity

of the materials, this deterioration would lower the integrity of the structures and weaken the health of the inhabitants, even without being visible. For example, the application of insulating materials to the interior of the masonry structure would lead to the risk of interstitial condensation. As the water vapour present in the air inside the rooms migrates naturally towards the outside, it could meet cold surfaces able to change its state, forming small drops of condensation. In order to ward off this damaging effect, it is necessary to carry out a careful investigation of the thermohygrometric behaviour inside each layer making up the building structure (Glaser's diagram). In addition to the 5 or 6 cm of thickness of normal insulating panels, it is generally necessary to apply a barrier to the warm side to prevent the water vapour from passing. Reducing or preventing the migration of particles of water vapour will prevent condensation between the insulating material and the existing wall. If, on the other hand, insulation that is active on a capillary basis, that is to say open to the diffusion of moisture and hygroscopic, and therefore capable of absorbing the water vapour, such as calcium silicate, wood fibre or cellular concrete,



6

L'applicazione sulle superfici esterne di materiali, come pitture o sistemi termoisolanti, con scarso potere diffusivo. La corretta stratigrafia degli elementi che definiscono l'involucro termico e la perfetta tenuta all'aria, garantita dall'omogeneità della finitura interna, impediscono infatti la formazione di condensa interstiziale causata dagli scambi di vapore rispettivamente di origine diffusiva e convettiva. Il fenomeno favorirebbe l'ingenerarsi all'interno della scatola muraria di degni, in forma di muffe e marcescenze, che oltre a incidere negativamente sulla capacità coibente dei materiali, riduce l'integrità delle strutture e indebolisce la salute degli abitanti, senza peraltro rendersi visibile. Ad esempio l'applicazione di materiali isolanti sul lato interno della struttura muraria comporta il rischio di condensa interstiziale. Il vapore acqueo presente nell'aria all'interno degli ambienti, nella sua naturale migrazione verso l'esterno, può infatti incontrare delle superfici fredde che ne cambiano lo stato sotto forma di goccioline di condensa. Per scongiurare questo dannoso effetto è necessario eseguire un'attenta verifica del comportamento termoigrometrico all'interno di ogni strato che compone la struttura edilizia (diagramma di Glaser). Oltre i 5-6 cm di spessore dei comuni pannelli isolanti è generalmente necessaria l'applicazione sul lato caldo di un freno o di una barriera al passaggio del vapore, che riducendo o impedendo la migrazione delle particelle di vapore acqueo evita l'insorgenza di condensa tra il materiale isolante e la parete esistente. Se invece si utilizzano coibenti capillarmente attivi, cioè aperti alla diffusione dell'umidità e igroscopici, con una capacità quindi di assorbimento del vapore, come il silicato di calcio, la fibra di legno e il calcestruzzo cellulare, non si rende necessaria la complessa applicazione di guaine che ostacolano il passaggio dell'umidità. I pannelli in silicato di calcio, ideali ove si tratta

In questi casi può essere opportuno prevedere un impianto di ventilazione meccanica controllata (VMC) che provvede a un adeguato e costante ricambio igienico dell'aria, senza la necessità di aperture manuali delle finestre, garantendo un ottimale tasso di umidità oltre a proteggere gli spazi abitati dalle fonti esterne di inquinamento acustico. Adottando questa soluzione i ponti termici non saranno annientati, con conseguenze negative in termini di dispersione termica, ma si eviterà la proliferazione degli agenti infestanti. Inoltre un impianto di VMC, se dotato di un recuperatore di calore (con rendimenti compresi tra il 70% e il 95%), può incidere significativamente sul bilancio energetico di un edificio a basso consumo.

Per favorire un microclima interno gradevole le strutture esterne di un edificio devono assicurare la dispersione dell'umidità dall'interno verso l'esterno. È necessario quindi evitare

di risolvere problemi di muffe, garantiscono grazie all'elevato valore pH, un eccezionale effetto autoregolante: sono in grado di assorbire l'umidità, di trattenerla temporaneamente e di espellerla quando l'umidità atmosferica cala. Proprietà simili sono possedute anche dall'argilla che pur non avendo un eccezionale potere isolante è in grado di provocare un ottimo effetto di regolazione igrometrica.

Aspetto fondamentale che influisce sulla percezione di abitare in un ambiente sano e gradevole risiede nella qualità dell'aria indoor (IAQ), definita accettabile dall'ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) qualora secondo le autorità competenti non siano riscontrabili sostanze inquinanti in concentrazioni pericolose e contemporaneamente più dell'80% delle persone presenti esprima soddisfazione. Le conseguenze di una cattiva qualità dell'aria interna possono quindi limitarsi a suscitare una sensazione sgradevole negli occupanti, ma possono anche risultare nocive per la salute umana, con effetti irritanti e in certi sfortunati casi addirittura cancerogeni.

La IAQ può essere valutata considerando l'influenza di molteplici fattori come l'indice di affollamento, che determina la concentrazione di CO₂, la tipologia di attività svolta dagli occupanti, che influisce sulla percentuale di umidità relativa (l'indice ideale deve essere incluso tra il 40% e il 60%) e la quantità di composti organici volatili (VOC) presenti, causa non solo di sgradevoli odori ma soprattutto di gravi alterazioni dello stato di salute. Elevate concentrazioni di anidride carbonica (sopra le 1.000 ppm) possono provocare sintomi di stanchezza, perdita di produttività e di attenzione. Nei luoghi di lavoro è consigliabile quindi che la presenza di CO₂ non superi le 700 parti per milione.

Tra gli agenti contaminanti che oltre a inficiare la qualità dell'aria possono risultare nocivi per la nostra salute, un ruolo di primo piano è giocato dalla formaldeide, largamente utilizzata per la fabbricazione di resine adesive. A seguito di un'accurata indagine su numerosi siti residenziali il Centro di Ricerche Ambientali di Padova ha riscontrato che le principali fonti di aldeide, dannose per il sistema respiratorio e per gli occhi, sono concentrate nei mobili composti con laminati plastici, nei pannelli di truciolato, nelle pitture, nei solventi, nelle cere, nel fumo da sigaretta e in alcuni prodotti di pulizia. È da notare che la compresenza di sostanze tossiche provoca un potenziamento dei loro effetti incrementando il livello di contaminazione dell'aria indoor. Ancora una volta il rimedio consiste nel ventilare correttamente gli ambienti tenendo in considerazione che, per motivi igienici, gli immobili a destinazione residenziale devono garantire ogni due ore il ricambio completo del volume d'aria contenuto. Optare per l'utilizzo di materiali da costruzione di origine naturale (che accrescono il senso di benessere anche sotto il profilo visivo e tattile), di pitture, colle e finiture prive di sostanze tossiche (spesso contenenti benzene) riduce sensibilmente il rischio di contaminazioni ambientali e pone le basi per vivere in un ambiente sano e confortevole.

6. Il benessere termico è direttamente proporzionale alla omogeneità delle temperature relative alle superfici che circondano un ambiente. L'applicazione di pannelli termoisolanti, contemporaneamente all'installazione di serramenti a bassa trasmittanza, riduce le perdite di calore corporee per irraggiamento nei confronti dell'involucro circostante (Documentazione Ufficio risparmio energetico di Bolzano)

7. Immagine termografica che mette in rilievo la presenza di dannosi ponti termici in corrispondenza di elementi strutturali, delle congiunzioni tra muratura e serramenti e delle nicchie per l'alloggiamento dei radiatori

is used, the complex application of sheaths to prevent the penetration of moisture will not be necessary. Calcium silicate panels are ideal when it comes to solving problems of mould. Thanks to their high pH they have an exceptional self-regulating effect: they are able to absorb moisture, to retain it temporarily and to expel it when the moisture in the air drops. Clay has similar properties, and although it does not have exceptional insulating properties it is able to cause an excellent effect of hydrometric regulation.

A fundamental aspect affecting the perception of living in a healthy and pleasant environment concerns Indoor Air Quality (IAQ), defined acceptable by the ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) when, according to the competent authorities, no hazardous concentrations of polluting substances can be found and, at the same time, over 80% of the people present express their satisfaction. The consequences of poor air quality can therefore be limited to causing an unpleasant feeling among the occupants but they can also be harmful for human health, with irritating and, in some unfortunate cases, even carcinogenic effects.

IAQ can be assessed considering the influence of many factors such as the crowding index, which determines the concentration of CO₂, the type of activity carried on by the occupants, affecting the percentage of relative humidity (the ideal index should be between 40% and 60%) and the quantity of Volatile Organic Compounds (VOC) present, which cause not only unpleasant odours but also and above all have a serious impact on state of health. High concentrations of carbon dioxide (above 1,000 ppm) can lead to symptoms such as tiredness, loss of productivity and attention deficit. It is

6.7.

therefore advisable for the presence of CO₂ at the workplace not to exceed 700 ppm. Among the contaminating agents that, in addition to lowering the quality of the air, can prove harmful for our health, a primary role is that of formaldehyde, used on a large scale for manufacturing adhesive resins. Following an in-depth survey at many residential sites, the Environmental Research Centre of Padua found that the main sources of aldehyde, which is harmful for the respiratory system and for the eyes, are concentrated in furniture made with laminated plastic, in chipboard panels, in paint, in solvents, in waxes, in cigarette smoke and in some cleaning products. It should be noted that the simultaneous presence of toxic substances increases their effect, raising the level of contamination of the indoor air. Once again, the remedy consists of ventilating the rooms correctly, keeping in mind that, for reasons of hygiene, buildings intended for residential use must guarantee a complete change of the air inside them every two hours. Opting for construction materials of natural origin (which increase the feeling of wellbeing also from the visual and tactile point of view) and for paints, glues and finishes that do not contain toxic substances (often containing benzene) reduces the risk of environmental contamination considerably, and provides a basis for living in a healthy and comfortable environment.

