

Edifici passivi

Edificio amministrativo ENERGON

L'ENERGON di Ulm (Germania), attualmente il più grande edificio amministrativo realizzato nello standard "Passivhaus", è stato inaugurato nell'ottobre del 2002. Lo standard energetico è stato certificato dal Passivhaus-Institut Darmstadt. L'edificio si trova nelle immediate vicinanze dell'Università, dello Science Park II, del quartiere fieristico e del quartiere residenziale passivo "Im Sonnenfeld". L'edificio, a cinque piani, commissionato dalla Software AG, ospita, su una superficie utilizzabile di 6.980 m², principalmente aziende che producono software. Complessivamente offre spazio per circa 420 impiegati.



Veduta

Architettura

L'edificio è molto compatto e i piani hanno una forma che ricorda quella del rotore di un motore Wankel. L'edificio possiede quindi tre facciate curve, tutte uguali. Il centro dell'edificio è occupato da un grande atrio coperto di circa 430 m², uno spazio che si sviluppa in verticale intersecando tutti e cinque i piani. In questo spazio di relazione i collaboratori e visitatori possono incontrarsi e scambiarsi informazioni ed idee. Una scala a chiocciola e due ascensori collegano i singoli piani.

Tutti gli uffici, laboratori e sale di riunione si raggruppano attorno all'atrio formando due schiere separate da un corridoio d'accesso. Una schiera guarda verso l'esterno, l'altra verso l'atrio. Spazi aperti, i cosiddetti "meeting points" collegano la schiera esterna con l'atrio. Una facciata dell'edificio è orientata verso sud, le altre due, rispettivamente, verso nordest e nordovest, orientamenti preferiti per il lavoro al computer. Ogni piano può essere suddiviso in due reparti affittabili a due differenti utenze. L'edificio può ospitare fino ad otto aziende. Nelle due schiere si possono creare degli spazi di lavoro di varia dimensione, dalla cella fino all'open space.



Atrio



Atrio con la scala di collegamento

Il piano inferiore è interrato nel pendio su due lati, in modo tale che il piano d'ingresso venga a trovarsi a livello del terreno; il terzo lato si apre verso un parco. Questo piano seminterrato ospita la mensa, la cucina, le aule per seminari e convegni e un locale fitness. Nel parco si trovano vasche, bacini di percolazione e uno stagno che ritiene l'acqua piovana usata anche per l'irrigazione degli spazi verdi.

L'atrio è coperto con un tetto vetrato di circa 300 m². La vetrata consiste in due vetri tra i quali si trova un telo selettivo estensibile che costituisce una schermatura ombreggiante mobile. La vetrata ha una trasmittanza termica (U) di 1,8 W/mK, un valore che è normalmente insufficiente per un edificio passivo, ma il difetto è di poca rilevanza considerando le molte altre misure di risparmio energetico che si potevano attuare grazie all'elevata dimensione e alla compattezza dell'edificio.

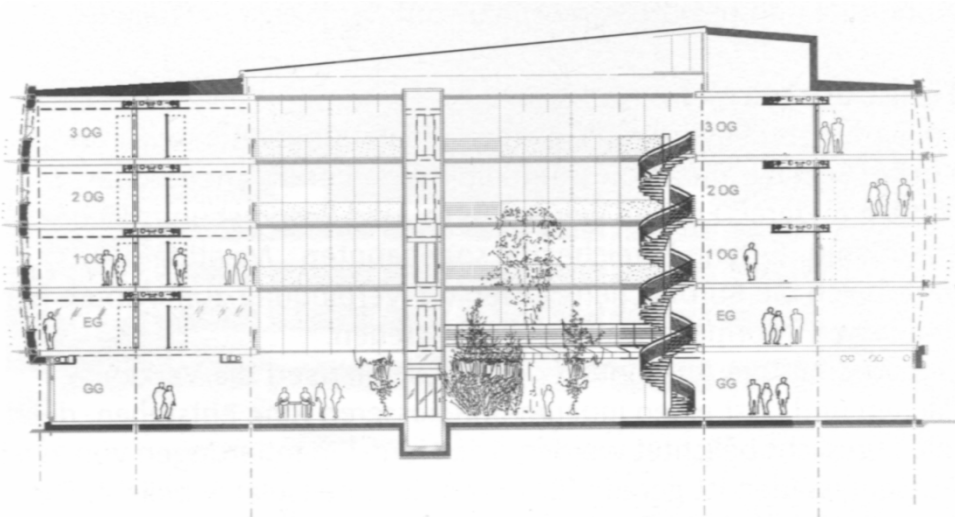
Edificio

La struttura portante è costituita di un telaio in cemento armato, la tamponatura di elementi prefabbricati in legno esternamente rivestiti da lastre di fibrocemento. Grazie alla standardizzazione degli elementi e al loro elevato numero, si è potuto realizzare la struttura in maniera molto economica. Un elemento caratterizzante dell'architettura è la schermatura esterna composta di sottili profilati d'acciaio che sporgono dalla superficie liscia dell'involucro.



Pianta del Piano Terra

L'isolamento termico dell'edificio è molto efficace, quello del tetto ha uno spessore di 500 mm. Le finestre speciali possiedono vetri a tre lastre. Scambiatori integrati nell'impianto di ventilazione meccanica recuperano il calore dall'aria in uscita. Grazie a queste misure, il fabbisogno termico per il riscaldamento e il raffreddamento raggiunge solo il 25% di quello di un edificio amministrativo convenzionale. Ciò significa una riduzione delle emissioni di CO₂ nella misura di 175.000 kg/a.



Sezione

Solai termoattivi

I solai, costruiti in cemento armato, hanno uno spessore 28 cm e sono termicamente attivi. Con la scelta di questo spessore si sono potute realizzare ampie distanze tra i pilastri ed inserirvi i circuiti idraulici dell'impianto di riscaldamento e di raffreddamento, inoltre si sono potute ottenere migliori prestazioni acustiche. I solai sono gli elementi principali della climatizzazione dell'edificio. In inverno possono essere riscaldati e, in estate, raffreddati. Nei 5.000 m² di solaio sono stati inseriti complessivamente 350 circuiti. I tubi si trovano alla distanza di 10 cm dall'intradosso dei solai. Non dovendo collocare i canali sotto il solaio e costruire dei controsoffitti, si è potuto conferire ai piani una normale altezza.

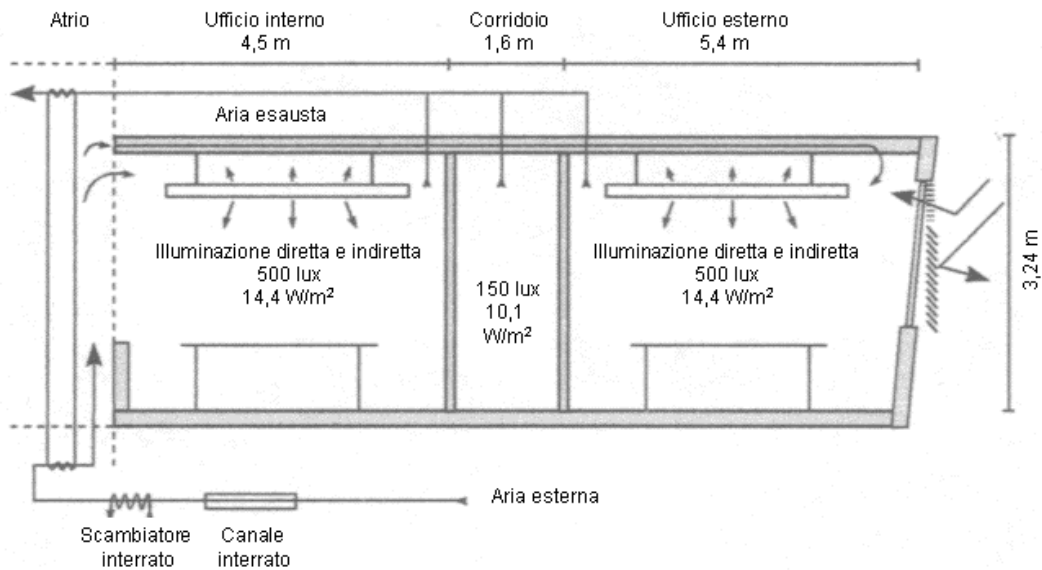
Grazie all'inerzia termica del cemento armato, le escursioni termiche dei solai avvengono solo lentamente e, non avendo controsoffitti, l'intera superficie riscalda i locali in inverno e li raffredda in estate. Non ci sono radiatori convenzionali. A differenza dei normali solai radianti, la temperatura di quelli costruiti nell'edificio di Ulm differisce solo di poco dai 20°C che normalmente si hanno in un ufficio. Nel caso di riscaldamento la temperatura non sale oltre i 25°C, e, nel caso di raffreddamento, non scende sotto i 18°C. Non esistono quindi problemi di condensa e si creano delle condizioni climatiche a vantaggio del benessere fisiologico degli occupanti. Creare queste condizioni climatiche è possibile però solo in edifici passivi che hanno bisogno di poca energia.



Solaio in costruzione

Ventilazione

Il ricambio d'aria è sostanzialmente garantito da un impianto di ventilazione meccanica, ma è anche possibile aprire le finestre senza compromettere il funzionamento dell'impianto stesso. Esiste quindi la possibilità di una ventilazione naturale. In estate, quando si ha bisogno di una maggiore ventilazione, si possono aprire anche il tetto dell'atrio e alcune bocche d'aria al piano terra.



Ventilazione ed illuminazione degli uffici

Il ricambio d'aria medio procurato dall'impianto di ventilazione è di $30 \text{ m}^3/\text{h}$ e persona; in questa condizione l'impianto trasporta 29.000 m^3 d'aria ogni ora. In caso di bisogno, il tasso di ricambio può essere aumentato, come, per esempio, nelle sale di riunione quando sono utilizzate. Nei locali di servizio la ventilazione avviene in maniera continua.

La centrale dell'impianto è collocata nel piano dell'autorimessa interrata che si trova all'esterno del perimetro dell'edificio. L'aria esterna, presa dal lato del parco, prima di entrare nell'edificio, passa per uno scambiatore interrato del diametro 1,8 m e di una lunghezza di 28 metri; lo scambiatore ha una copertura di terra di 2 m. Lo scambiatore può contribuire al riscaldamento invernale con 4,3 MWh/a e al raffreddamento estivo con 2,6 MWh/a.



Corridoio tra le due schiere di uffici

Dopo essere passata per lo scambiatore interrato, l'aria esterna arriva nella centrale dove può essere riscaldata o raffreddata; attraversa poi uno scambiatore che recupera calore dall'aria in uscita, un filtro (F7) e, in caso di bisogno, essere ulteriormente riscaldata dal teleriscaldamento. Nella centrale avviene anche un processo di umidificazione dell'aria tramite spruzzatori. L'umidità relativa non scende mai al di sotto del 25-30 per cento. Alla fine, l'aria viene insufflata, attraverso due canali verticali, nell'atrio che assume la

funzione di un immenso canale di distribuzione. Nell'atrio avviene anche il controllo della temperatura e dell'umidità dell'aria. Ogni ufficio prende dall'atrio l'aria necessaria.

Gli uffici della schiera interna la prendono direttamente dalle finestre che si aprono verso l'atrio, mentre quelli della schiera esterna ricevono l'aria fresca attraverso dei tubi anch'essi inseriti nei solai. L'aria fresca, leggermente riscaldata dallo scambiatore interrato, serve esclusivamente al ricambio d'aria necessario per motivi d'igiene, non serve al riscaldamento o al raffreddamento. La ventilazione meccanica

avviene a bassa velocità e non crea né correnti né rumori. Il rendimento di questo sistema di ventilazione non è ottimale (solo del 65%), ma è stato scelto a motivo della convenienza costruttiva (altezza ridotta dei piani).

L'aria esausta è aspirata dagli uffici e trasportata, attraverso i canali montati orizzontalmente sotto il soffitto dei corridoi. Questi canali si congiungono, negli angoli dell'edificio, con quelli verticali in cui l'aria è trasportata nella centrale sopra il tetto dove si trovano un ventilatore insonorizzato, un filtro e uno scambiatore che recupera l'80% del calore dall'aria che poi viene espulsa. L'aria fresca affluisce automaticamente dall'atrio, quindi affluisce sempre solo la medesima quantità d'aria che è asportata.



Tetto dell'atrio

L'aria esausta della cucina viene asportata separatamente ed espulsa sopra il tetto. I canali rettangolari e ovali sono costruiti in lamiera zincata e non sono termicamente isolati, perché si trovano tutti all'interno dell'involucro dell'edificio. L'impianto consente di aumentare il flusso volumico dell'aria da circa 4.200 m³/h (ventilazione di base) fino a 13.600 m³/h (uffici nelle ore d'esercizio). Nei locali speciali al piano seminterrato, la ventilazione può essere regolata in base alle esigenze. Nelle sale per seminari e conferenze il flusso d'aria può essere aumentato per altri 6.000 m³/h; nella cucina per altri 9.500 m³/h.

Riscaldamento e raffreddamento

Il riscaldamento di un edificio in cui si trovano molte apparecchiature elettroniche, esige poca energia perché le fonti interne di calore sono molteplici: i computer, i corpi illuminanti, le persone emettono molto calore. Questo calore è utilizzabile per il riscaldamento recuperandolo dall'aria esausta in uscita. Nell'edificio di Ulm, il recupero di calore avviene in un sistema che combina due circuiti separati, uno conduce l'aria fresca, l'altro l'aria esausta. Lo scambio termico tra i due circuiti avviene non direttamente, ma tramite un circuito idraulico. La doppia trasmissione del calore riduce, sì, l'efficienza del recupero, ma ha consentito una minore estensione dei canali e un guadagno di spazio nei piani degli uffici.

Il fabbisogno termico residuo invernale è coperto dal teleriscaldamento alimentato da una centrale di cogenerazione che fornisce anche l'acqua calda per la cucina. La potenza installata è di 185 kW_t. In considerazione dell'esiguo fabbisogno, l'acqua calda per altre utenze è prodotta da boiler elettrici distribuiti sui singoli piani.

Le fonti interne producono però calore non solo in inverno e pertanto l'edificio si riscalda anche in estate, pur escludendo gli apporti solari con la totale ombreggiatura delle finestre. Si è dovuto quindi costruire un efficace sistema di raffreddamento. Il raffreddamento estivo avviene con l'ausilio di 40 scambiatori verticali interrati che arrivano ad una profondità di 100 metri e che sono collegati ai circuiti idrici inseriti nei solai. L'acqua asporta il calore dagli uffici e lo smaltisce nel sottosuolo. Il sistema di smaltimento ha una potenza di 120 kW. Uno scambiatore di calore supplementare, collegato al circuito idraulico degli scambiatori verticali, consente anche il riscaldamento e il raffreddamento dell'aria in entrata. L'edificio di Ulm consente però anche un "freecooling" durante la notte, sfruttando l'effetto camino dell'atrio. Aprendo il tetto di vetro dell'atrio (apertura effettiva 8 m²) e le bocche, poste al livello del piano interrato, l'aria calda esce in alto e dal basso affluisce dell'aria fresca. Si può inoltre insufflare nell'atrio aria raffreddata tramite l'impianto di ventilazione.

Conferimento del calore/freddo

Nonostante tutte le misure di risparmio energetico adottate, la quantità di calore prodotta dalle fonti interne è elevata e il calore in eccesso non può essere totalmente asportato tramite il "freecooling" notturno dell'atrio, perché, in questo caso, si dovrebbero aprire, durante la notte, tutte le porte degli uffici. E questo, in edificio amministrativo non è possibile per motivi di sicurezza. La superficie dei soffitti e dei pavimenti è inoltre insufficiente ad assorbire tutto il calore prodotto durante un normale giorno di lavoro e cederlo nel corso della notte.

Se si vuole raffreddare un edificio con un minimo impiego d'energia, si possono utilizzare dei sistemi che sfruttano grandi superfici, ma solo a condizione che la differenza tra la temperatura delle superfici e quella desiderata negli ambienti non sia molto grande. La potenza da installare per le ore di punta può essere inoltre ridotta smaltendo l'eccessivo calore in accumulatori temporanei. Si è pertanto scelto il sistema dei solai termoattivi in cui sono inseriti dei circuiti idraulici. Al sistema sono collegati anche i controsoffitti termoattivi delle aule nel piano seminterrato.

La temperatura dell'acqua in mandata è centralmente regolata. Si è volutamente rinunciato ad una regolazione individuale della temperatura dei singoli locali in considerazione delle alte prestazioni termiche dell'edificio.

Illuminazione naturale e artificiale

I locali di lavoro della schiera esterna ricevono luce naturale dalle finestre della facciata, quelle della schiera interna dall'atrio. Le finestre della schiera esterna sono dotate di tende regolabili a lamelle poste all'esterno. La parte superiore di queste tende rimane aperta, anche quando la parte inferiore è chiusa. In questo modo riflettono la luce ai soffitti e procurano sempre un minimo d'illuminazione naturale. La regolazione manuale delle tende consente agli impiegati di ombreggiare i tavoli di lavoro e di evitare spiacevoli riflessi di luce sui monitor dei computer.

Gli uffici orientati verso l'interno ricevono luce naturale dal tetto di vetro dell'atrio che assume quindi una rilevanza centrale per l'illuminazione. Il tetto di vetro sopra l'atrio offre sufficiente luce anche quando i teli ombreggianti, inseriti tra i vetri, sono stesi. La trasmittanza solare della vetrata è di 71%, il valore g di 50%. In estate, a teli stesi, la trasmittanza solare si riduce a 13% e il valore g a 17%. Ogni ufficio possiede inoltre una schermatura regolabile individualmente in caso di bisogno. I corridoi tra le due schiere ricevono luce naturale attraverso gli elementi vetrati inseriti ai fianchi delle porte.

Il concetto d'illuminazione naturale contribuisce al risparmio di corrente elettrica e di calore, perché riduce al minimo la necessità di illuminare artificialmente. Il consumo elettrico dei corpi illuminanti è stato ridotto tramite l'uso di tubi fluorescenti con reattori elettronici. Negli uffici dietro la facciata sono state installate delle lampade dotate di dispositivi che regolano automaticamente la luminosità in rapporto all'illuminazione naturale. Speciali sensori avvertono la presenza di persone e spengono le luci automaticamente quando non c'è più nessuno.

Con questo concetto di risparmio energetico, l'elevato fabbisogno elettrico di un'azienda che produce software si può ridurre di ben il 50%.

Impianto fotovoltaico

Sul tetto piano è stato installato un impianto fotovoltaico. Si tratta di una guaina, applicabile come una normale guaina, in cui sono saldati i moduli fotovoltaici. L'orientamento dei moduli non è ottimale, ma il fatto è compensato dalla facile ed economica applicazione della guaina e dall'assenza di una costruzione di supporto. L'impianto ha una potenza di circa 15 kW_p e copre circa il 10 per cento del fabbisogno elettrico.

Sostegni pubblici

Il progetto ha avuto il sostegno del Comune di Ulm, del Ministero per l'Economia del Land Baden-Württemberg e della Fondazione Federale per l'Ambiente. Il Ministero Federale per l'Industria e la Tecnologia ha finanziato un programma di monitoraggio che prevede delle misurazioni in 200 punti diversi dell'edificio durante i primi due anni d'esercizio.

Dati dell'edificio	
Volumetria lorda	32.239 m ³
Area netta dei piani	6.912 m ²
Area utilizzabile	5.412 m ²
Rapporto Superficie/Volume (S/V)	0,22

Trasmittanza termica (U) dei singoli elementi	
Elemento	U (W/m ² K)
Pareti esterne (piano seminterrato)	0,33
Pareti esterne (piano terra e superiori)	0,13
Tetto (opaco)	0,12
Tetto trasparente (atrio)	1,80
Finestre verso l'esterno	0,84
Finestre verso l'atrio	0,84
Piastra contro terra	0,22

Fabbisogno termico annuale (Q _h)	
Effettivo Q _h /A	16,9 kWh/m ³ a
Effettivo Q _h /V	5,4 kWh/m ³ a
Ammissibile Q _h /A _n normativa tedesca	17,7 kWh/m ² a

Costi		
Costruzione	226 €/m ³	1.054 €/m ²
Impianti	74 €/m ³	345 €/m ²
Costo complessivo	300 €/m ³	1.399 €/m ²

Il team
<i>Architetto</i> Stefan Oehler + Archkom, Bretten
<i>Ingegneria strutturale</i> Lachenmann, Ingenieurbüro, Vaihingen
<i>Direzione dei lavori:</i> Freie Planungsgruppe 7, Stuttgart
<i>Impiantistica</i> ebök Ingenieurbüro, Tübingen
<i>Impianto elettrico</i> Volz Ingenieurbüro Elektrotechnik, Ehningen
<i>Illuminazione</i> Gesellschaft für Licht- und Bautechnik, Dortmund
<i>Scambiatori interrati</i> Huber Energietechnik, Zürich
<i>Esterni</i> Helmut Hornstein, Überlingen
<i>Monitoraggio</i> Steinbeis-Transferzentrum- Energietechnik, Ulm

Fonti

Stefan Oehler: Passivbürogebäude Ulm; in: Tagungsband zur 6. Europäischen Passivhaustagung 2002 in Basel, Muttenez (CH) 2002, p. 345-352

Ulrich Rochard, Johannes Werner: Haustechnik für Bürogebäude im Passivhaus-Standard; in: Tagungsband zur 6. Europäischen Passivhaustagung 2002 in Basel, Muttenez (CH) 2002, p. 353-364

Steinbeis Transfer Zentrum: Passivhaus ENERGON, in: www.solarbau.de

Othmar Humm, Über Bauteile kühlen und heizen; in: TEC21, 12/2003, p. 26-27