

SBI-publ.

SBI-SÆRTRYK
160

UDK 697

Arkitekten nr. 2, 1966

Poul Becher:

Den er gal med varmembalancen.

Eiler: Hvorfor er der så mange
klager over rumklimaet i
moderne bygninger?

STATENS
BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

I kommission hos Teknisk Forlag
København 1966 · Kr. 4,50

Bibliotekseksemplar 4

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

28. APR. 1966

01087 P

Den er gal med varmebalancen

Eller: Hvorfor er der så mange klager over rumklimaet i moderne bygninger?

Af Poul Becher, civilingeniør, dr. techn., Statens Byggeforskningsinstitut

Det siges, at luften er dårligere i moderne bygninger, og da alle bygninger er eller har været moderne, må man undres. Men det er muligt, at vi efterhånden har fået mere stillesiddende arbejde, og at den lettere påklædning spiller en rolle, så vi er blevet mere sensible og beklager os, så snart rumklimaet nærmer sig grænserne for det behagelige.

Det er nu næppe hele forklaringen. Men mange af klagerne er desværre fuldt berettigede, og hvad værre er, de kunne med lidt omtanke have været undgået. Årsagen er nemlig i de fleste tilfælde, at de projekterende omgås letsindigt med naturlovene, eller at varme- og ventilationsanlæggene ikke passes ordentligt. Når der ikke kommer så mange klager over ældre bygninger, er det som regel, fordi man der har af fundet sig med forholdene. Noget bevis for, at vore forældre havde det bedre, har jeg aldrig set.

Men – for at begynde forfra.

Liv, som vi kender det, er bundet til at ligge inden for temperaturområdet 0 til + 65 °C. Under 0 °C fryser vand til is og over 65 °C koagulerer æggehvide-stofferne. Dette temperaturområde omfatter hele begrebet liv, og når et menneske så yderligere indskrænker begrebet ved at opholde sig i ro inden døre sammen med mange andre, er det ikke underligt, at spillerummet bliver meget snævert.

Hvis et menneske skal befinde sig veltilpas i et rum, skal først og fremmest ved længere tids ophold rumtemperaturen hverken være for høj eller for lav, lufthastigheden hverken være for høj eller for lav, alt for stærke lugte undgås.

Og ved kortere tids ophold skal desuden luften være nogenlunde fri for ubehagelige lugte.

Af disse faktorer er temperaturen som enhver ved langt den vigtigste, alle de andre klimafaktorer er sekundære i forhold hertil.

Rumtemperaturen

Det behagelige temperaturområde ligger fra 16–18 °C op til 20–22 °C, kommer man uden for dette område, vil legemets automatiske varmeregulering ikke foregå ubemærket, og dette føles ubehageligt.

Formålet med legemets varmeregulering er at sørge for at holde dets varmeafgivelse inden for meget snævre grænser. Mennesket er fysisk set en maskine med meget dårlig nyttevirkning, idet der af de kalorier, det spiser, afgives ca. 80 pct. til omgivelserne som overskudsvarme, nemlig ca. 100 kcal pr. time. Heraf afgives de 25 kcal som bunden varme i vanddamp, der ikke har betydning i denne forbindelse, mens det er de resterende 75 kcal, der har interesse. De 75 kcal afgives som fri varme ved opvarmning af luften, der strømmer forbi legemet, og ved stråling til koldere omgivelser, normalt omtrent halvdelen på hver måde. Legemets varmereguleringsmekanisme søger inden for det behagelige område at holde disse

75 kcal konstant ved at ændre hudtemperaturen. Forholdet mellem andelen til konvektion og stråling kan ændres betydeligt uden ubehag, men der er naturligvis en grænse. Hvis man sidder i en biograf omgivet af andre mennesker på alle sider, kan man ikke stråle varme til koldere omgivelser, og det kan føles ubehageligt. Rent galt bliver det selvfølgelig, hvis både omgivelsernes temperatur og lufttemperaturen bliver for høj, så kan legemet ikke mere afgive 75 kcal som fri varme, men må flytte en del af varmeafgivelsen over på den bundne varme, man begynder at svede.

Sagt på en anden måde: det termiske samspil mellem legemet og rummet skal være i balance, eller for at legemets varmebalance kan være i orden, må rummets varmebalance være i orden.

Et rums varmebalance er afhængig af: 1) antallet af tilstedeværende personer, 2) varmetabet til det fri, 3) belysningsvarmen, 4) solvarmen og 5) varmeafgivelsen fra varme- og ventilationsanlægget, og det er den tilfældige kombination af disse varmeoverføringer, der er afgørende for temperaturforholdene. Disse varmeoverføringer kan alle variere temmelig meget og ret hurtigt, hvad der ikke gør problemet lettere. Men det, der skal gøres ved rummets udformning, er på forhånd at gennemtænke problemet og regne lidt på det. Selv meget overslagsmæssige beregninger, der ikke har ret meget med videnskab at gøre, vil sammen med lidt sund sans vise en hel del om et rums varmebalance.

Et godt eksempel er et klasseværelse i en ny skole, hvor der er lavt til loftet, indbyggede belysningslegemer i loftet og store vinduer. Her vil den maksimale værdi af de 5 varmeoverføringer alle ligge i nærheden af 2000 kcal pr. time. En efterårs morgen vil der altså blive tilført rummet

fra personer, 25 à 75 kcal	2000 kcal/h
fra belysning, 10 lamper à 200 W	2000
samlet varmetilførsel	4000 kcal/h
varmetab til det fri ved +4 °C udv.	1000
overskudsvarme	3000 kcal/h

Disse 3000 kcal/h skal altså fjernes. Det kan ske på flere måder: ved opvarmning af koldere bygningsdele, ved kunstig ventilation med koldere luft eller gennem åbne vinduer.

Ved beregningen må det imidlertid erindres, at forholdene ikke er stationære, klassen tømmes efter hver time. Regnes der med, at halvdelen af overskudsvarmen optages af klæder, vægge, loft, gulve og møbler, der igen køles af i frikvarteret, hvor lyset er slukket, skal der med kunstig ventilation være et luftskifte med indblæst koldere luft på

$$n = \frac{3000 \cdot 0,5}{0,3 \cdot 4 \cdot 135} = \text{ca. } 9 \text{ gange i timen,}$$



ARNE JACOBSEN: NYAGER SKOLE

Rumklimaet er påvirket af mange faktorer. Bygningerne bør udformes, så flest af dem er under kontrol. Når mange personer pludseligt indfinder sig i et lokale, ændres varmebalancen hurtigt. En hurtig regulering, f. eks. ved at åbne vinduerne, kan være nødvendig. I dette klasserum vender vinduerne mod øst, vinduerne kan solafskærmede, de højsiddende vinduer kan åbnes for hurtig udluftning.

idet der regnes med en undertemperatur på 4 °C på indblæsningsluften, at rummet er 135 m³, og varmeydelsen for luft er 0,3 kcal/m³ °C.

Hvis der i stedet for kunstig belysning regnes med solvarme, bliver forholdene de samme. Det er altså i alle tilfælde nødvendigt at indblæse en meget stor mængde af kold luft.

Men hvis nu den indblæste luftmængde kun svarer til et luftskifte på tre gange i timen, og sådan er det snarere i virkeligheden, vil temperaturen på den udsugede luft være

$$t = 20 - 4 + \frac{3000 \cdot 0,5}{0,3 \cdot 3 \cdot 135} = 28^\circ\text{C}.$$

Temperaturen på den luft, som stryger hen over eleverne, vil altså ligge mellem 16 og 28 °C, i gennemsnit på 22 °C, men omgivelserne vil også blive opvarmede, så hen mod timens slutning vil eleverne føle en rumtemperatur på ca. 25 °C, nogen lidt mere, nogen lidt mindre. Derfor bliver nogle døsig.

Varme- og/eller ventilationsanlægget vil formentlig være automatisk reguleret, men hvis denne automatik ikke er helt i orden og øjeblikkelig kobler varmen fra, når det kræves, så bliver forholdene naturligvis endnu værre. Hvis varmekilderne kun er lukket i halvdelen af timen, og fremløbstemperaturen er for høj til udetemperaturen, bliver rumtemperaturen, som eleverne i gennemsnit føler ved timens slutning, måske

$$t = 20 - 4 + \frac{(3000 + 750) \cdot 0,5}{0,3 \cdot 3 \cdot 135} = ca. 27^\circ\text{C}.$$

Hvis så yderligere lyset ikke slukkes, så snart solen skinner, bliver det endnu værre. (Undersøgelser i andre lande har vist, at lyset ikke bliver slukket!!)

Det ses, at dette intet har at gøre med, om varmeisoleringsen er god eller dårlig, eller om vinduerne er lidt større eller mindre, det kan kun give mindre procentvise forskydninger. Det betyder heller ikke noget, om der anvendes en eller anden form for induktionsapparater til indblæsningen, det bevirker jo blot, at rumluften bevæges hurtigere og blandes bedre med indblæsningsluften.

Dette simple eksempel viser, at ved projekteringen af varme- og ventilationsanlæg er det ikke tilstrækkeligt blot at beregne rummets maksimale varmetab efter DIF's regler. Dette varmetab er kun en formel størrelse til bestemmelse af den maksimale varmeafgivelse fra varmekilderne, og det har intet at gøre med rummets varmebalance. Arkitekt og ingeniør må sammen se på rummets varmebalance og regne igennem med de aktuelle værdier, før de låser sig fast i en bestemt udformning af belysning, vinduer, materialer i vægge, loft og gulve, ventilation, varmeanlæg og automatisk reguleringsanlæg. Hvis ikke de gør det, vil det efter al sandsynlighed gå galt, og klagerne vil næppe kunne afhjælpes.

Andre klimafaktorer

Andre klimafaktorer end temperaturen vil også spille ind, men ikke i nær så høj grad, som det ofte antages.

Luftfugtigheden er ganske uden betydning for behaglighedsfølelsen, så længe den ligger inden for om-

rådet 30–70 pct. relativ fugtighed, og det vil den altid gøre her i landet i rum, hvor mange mennesker opholder sig, og hvor den indblæste friskluftmængde ikke er meget stor.

Luftfugtigheden må ikke blive for stor, så opstår der træk, men den må heller ikke blive for lille. Hvis luftfugtigheden bliver meget lille, under 0,05 m/s, vil den ikke være i stand til at stimulere nervesystemet og bringe de varmeregulerende vasomotoriske kræfter i gang, der ændrer hudtemperaturen og dermed legemets varmeafgivelse; akkurat som en rumtermostat, der skal have en vis temperaturafvigelse, før den reagerer. Hvis varmereguleringen i legemet ikke sættes i gang, vil den ramte legemsdel afkøles langsomt og umærkeligt, indtil „kulden har nået marv og ben“. Luftbevægelsen i opholdsrum skal derfor være livlig.

Derfor kan indblæsning gennem perforeret loft, hvor der indblæses gennem hele loftet, ikke anvendes i opholdsrum, luftfugtigheden i opholdszonen vil blive for lille. Loftet må f. eks. opdeles i paneler af ca. 0,5 × 0,5 m, hvoraf der kun blæses ind gennem halvdelen.

De luftelektriske forhold er uden betydning i normale rum.

Hvad skal der så gøres for at undgå disse katastrofer ved udformningen af møderum, klasseværelser og lignende med de dertil hørende varme- og ventilationsanlæg? Det er jo klart, at i rum med mange mennesker er der mere tale om køling end opvarmning.

Ventilation

Det må ikke forventes, at ventilationsanlægget kan udføre mirakler, og hvad det kan præstere, kan beregnes, men det er ikke alverden, der kan opnås, når der ikke anvendes luftkonditionering med køling og store luftmængder.

Ventilationsanlægget bør beregnes for en stor luftomveksling for at få rummet ordentlig gennemskyttet og med en friskluftmængde på 20–30 m³/h pr. person for at holde lugtniveauet nede.

Der skal afsættes et stort beløb til indregulering af ventilationsanlæggene, 150–250 kr. pr. 1000 m³ indblæst i timen.

Lys

Belysningen bør udformes, så de installerede kW bliver udnyttede med en rimelig nyttevirkning, og om formentlig bør udsugningen ske omkring belysningslegemerne, så varmen derfra ikke breder sig i rummet. Men det må stadig erindres, at strålevarme ikke kan ventileres bort.

Vinduer

Vinduerne bør orienteres eller skærmede, så solvarmeindfaldet ikke bliver for stort. Orienteringen bør af hensyn til rummets varmebalance indrettes i overensstemmelse med rummets brug i løbet af dagen. Det vil f. eks. være forkert at lade klasseværelser være sydvendte, og vinduernes orientering har ingen betydning for spredning af smitte.

Vinduerne skal være de mindst mulige, og så bør de være oplukkelige, så der er en reserve for yderligere nedkøling, selv om der installeres et godt ventilationsanlæg.

Automatik

Den automatiske regulering af varme- og ventilationsanlæggene må være således, at den virker efter hensigten, bl. a. skal følerlegemerne anbringes, så de på det rigtige tidspunkt føler den temperatur, der skal reguleres.

Befugtning

Luftbefugtning behøves kun ved store friskluftmængder og kan let gøre mere skade end gavn. Det må dog altid anvendes, hvor der er tæpper over hele gulvet for at modvirke statisk elektricitet, f. eks. i et stormagasins kjoleafdeling.

Isolering

Varmeisoleringen har stor betydning for varmeøkonomien, rummene skal jo også holdes opvarmede i de timer, hvor der ikke er varmeoverskud, og den skal være således, at strålekulde fra kolde overflader undgås, det mærkes som træk. Alle yderflader skal desuden udføres, så enhver form for kondensation undgås.

Lugt

Madpakker, vådt overtøj o. lign. skal opbevares uden for opholdsrummene, der må altså indrettes passende køleskabe og garderober.

I skoler skal eleverne tvinges til at afføre sig overtøj, sweatere m. v. før timens begyndelse.

Ventilationsanlæg skal udføres, så de kan renses, og det bør gøres regelmæssigt.

Temperatur

Rummets varmebalance skal være i orden til enhver tid.

Drift

Brugen af bygningen og driften af varme- og ventilationsanlæggene har stor betydning for rumklimaet. Det har ved undersøgelser i andre lande vist sig, at driften langt fra er, som den burde være, og at det er helt utrolige fejl, der gøres. Jeg har en mistanke om, at det ikke er stort bedre her i landet.

Varme- og ventilationsanlæggene skal passes af kyndigt og samvittighedsfuldt personale, der kan vedligeholde de automatiske anlæg og måle temperaturer og luftmængder, så de kan se, når der er noget galt. De projekterende skal udarbejde en fyldig instruks for betjeningen, sørge for, at der findes de nødvendige kontrolinstrumenter og oplære betjeningen.

Hvis bygherren ikke vil ofre, hvad et kyndigt betjeningspersonale koster, bør teknikerne lade installere kakkelovne i stedet for mere avancerede anlæg.

Litteratur

Skolbyggnader – Funktions- og klimatrådgør. Foredrag nr. 160, Svensk Byggtjänst, Stockholm 1964. P. Becher, Varme og ventilation, 6 bind. Teknisk Forlag, København 1960–65. DIN 1946, Lüftungstechnische Anlagen, Blatt 1–5.