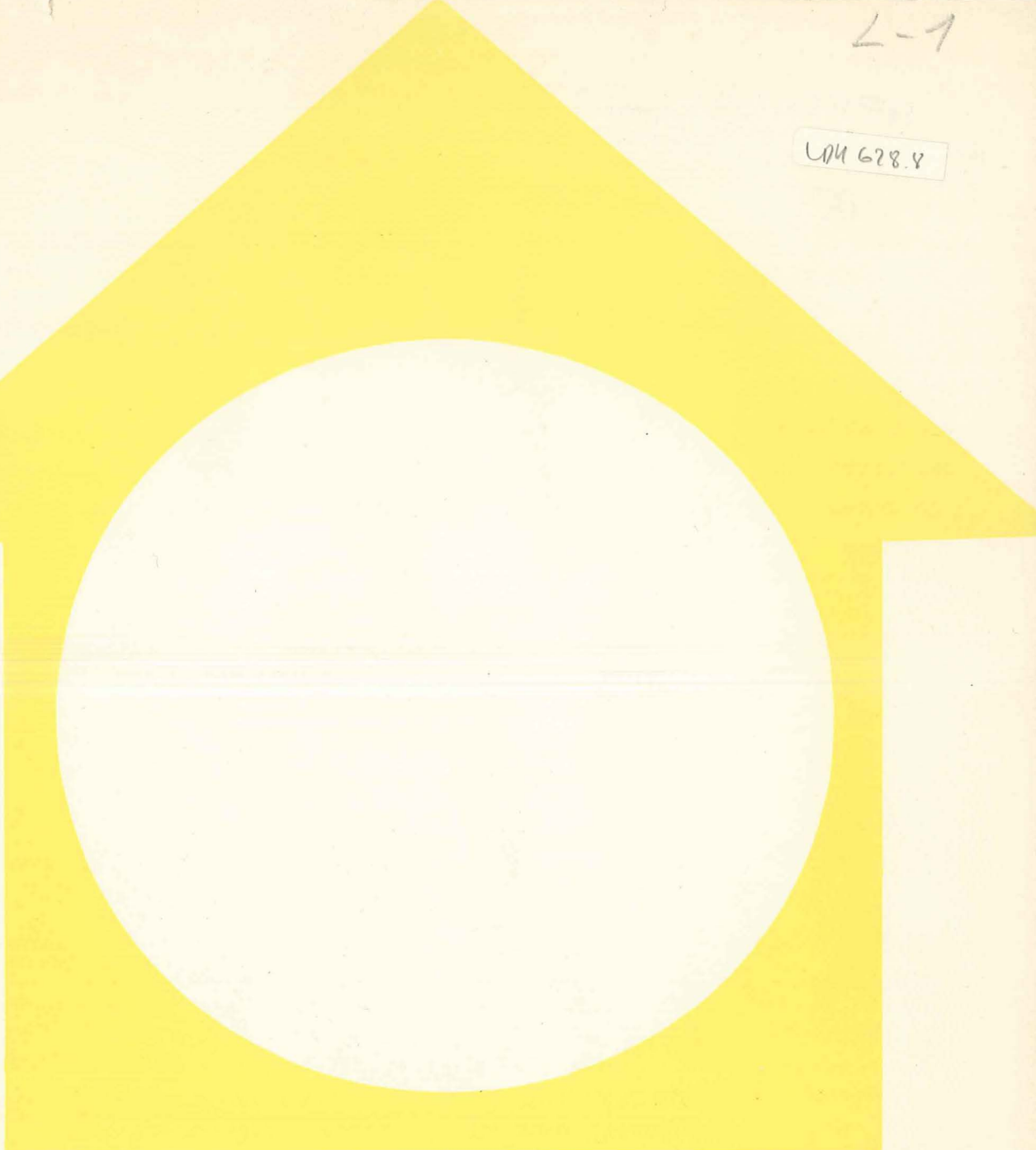


L-1

UM 628.8



Menneskets fysiologiske krav til huset

Fire forelæsninger af professor, dr. med. Poul Bonnevie,
afholdt i november og december 1961 i Byggecentrum.

BYGGECENTRUM

København V. * 1962

1. Forelæsning, torsdag den 23. november 1961.

Mennesket og husets temperaturforhold.

Et menneske på 70 kg forbruger i hvile 15 liter ilt pr. time, hvilket udvikler 72 kilogramkalorier (kcal) - altså 1 kcal pr. kg. Men heraf dannes 70% i hjernen, bryst- og bugorganerne, der kun vejer ca. 5 kg tilsammen. Musklerne, der betinger halvdelen af legemsvægten, bidrager med 20%, konglerne og fedtdepoterne med 10. Når kvinders stofskifte er 1/10 lavere end, men deres legemstemperatur som mænds, skyldes det bedre varmeisolation på grund af mere fedtvæv under huden.

Under muskelarbejde, der ved rolig gang 5-dobler stofskiftet, foregår mærforbrændingen i musklerne overvejende - kun relativt lidt i hjertet. Musklerne bliver varmere, men også selve kropstemperaturen stiger. Der "tilbageholdes" i starten (under opvarmningen) så megen varme, at legemstemperaturen stiger til 38^o-39^o, uden at vi får feberfølelse. Men derefter afgiver vi varmeproduktionen ved at forøge varmeafgiften.

Omvendt må vi, hvis vi mister varme, først nedsætte afgiften og derefter producere mere varme ved muskelbevægelser "kuldegysninger", der først mærkes ved 50% stigning i stofskiftet (under stærke kulderystelser kan stigningen være 600%).

Ligesom det især er lemmernes muskler, der producerer varme, er det deres hud, der regulerer varmeafgiften. Regulationen forsvarer kun kropstemperaturen ("kernetemperaturen") - ikke hændernes og føddernes. For afgiften fra huden spiller dennes temperatur og isolationsevne en rolle, og begge afhænger af blodgennemstrømningen. Blodstrømmen kan forøges på fingre (og tæer) flere hundrede gange, på resten af hånden 30 gange, på underarmen 10 gange, på kroppen kun lidt. Når blodstrømmen ved 32^o hudoverfladetemperatur er mindst, isolerer huden næsten 6 gange bedre, end når blodstrømmen ved 36^o er størst.

Ligger vi nøgne i et værelse med 30° , er huden 33° varm. Nedsætter vi temperaturen til 20° , falder hudtemperaturen til 22° , og midt i hånden er temp. da kun $24-25^{\circ}$. Der er kun ringe temperaturforskel på tværs gennem armen, men en stor på langs - fra hånd til skulder. Dette kan forklares ved varmeudveksling efter modstrømsprincippet mellem pulsåreblodet og blodet i de dybe blodårer. Arterieblodet afkøles under sit fremløb ved at opvarme det i hånden afkølede veneblod under dets tilbageløb. I stærk varme svulmer armens overfladiske blodårer, således at veneblodet afkøles yderligere, inden det øverst på armen løber ned i dybden, og arterieblodet kommer ud i hånden uden forud at være afkølet. Afkøles hånden til 15° , ankommer pulsåreblodet nedkølet til 22° . I øvrigt deponeres blodlegemerne i milt, lever m.v., og vi udskiller mere vand for at nedsætte den cirkulerende blodmængde, fordi huden, der normalt giver plads for indtil 20%, nu er "aflukket" og kun modtager 2% af blodet.

Hudtemperaturen er, når den er nogenlunde ens overalt, ca. 4° lavere end "kernetemperaturen", som måles ret korrekt i endetarmen. Middelttemperaturen er kun $35,5^{\circ}$ og med en varmfylde på 0,83 indeholder vi altså kun ca. 2000 kcal (over frysepunktet) - een dags varmeproduktion. Allerede en stigning på 350 kcal giver varmedød (43°), og et tab på 800 kcal giver kuledød (18°). Skal vi indregulere $0,1^{\circ}$, drejer det sig alene om ca. 5 kcal.

Nervecentret for varmeregulationen (i midthjernen) styres af blodets temperatur og af reflekser fra varmesansens følelegemer i huden. Allerede en stigning på $0,001^{\circ}$ i sekundet kan sanses, men de fleste reflekser forløber, uden at bevidstheden ulejliges.

Vor generelle varmefornemmelse - neutral eller varme- og kuldetilstand i forskellige grader af "ubehagelighed" - afhænger hverken af legemstemperaturen eller af varmeproduktion og -afgift. Afgørende er hudtemperaturen perifert på lemmerne, navnlig på fødderne. Sidder vi i uændret kølige omgivelser gennem 3-4 timer, falder hudtemperaturen jævnt, og samtidig føles tilstanden mere og mere ubehagelig. Selv når personer under ens ydre omstændigheder har "neutral-fornemmelsen", kan hudtemperaturen være forskellig.

Hos yngre kvinder finder vi fodtemperaturen 5° lavere end hos mænd, og den falder kraftigere hos kvinder end hos mænd. Undergrænsen for behagelighed ligger i reglen $1,5^{\circ}$ højere for kvinder end mænd. Også alderen (lavere stofskifte hos ældre), årstiden, den sædvanlige påklædning og den stedlige boligopvarmningsmode spiller en rolle. Engelske værdier ligger $3-4^{\circ}$ lavere end amerikanske - og gennem de sidste 20-30 år har "danske fornemmelser" vandret fra England til Amerika. "Neutral-temperaturen" er godt 21° med 3° højere grænse mod ubehageligt varmt og $3\frac{1}{2}^{\circ}$ for mænd og 2° for kvinder lavere grænse mod ubehageligt koldt.

Varmeafgiften sker ved 1) stråling, 2) ledning til faste genstande og 3) konvektion til luft samt 4) fordampning.

De infrarøde varmestraler (bølgelængde 0,001-10 mm) udveksles mellem mennesket og de omgivende flader, som om vi var matsorte - uanset hud- og tøjfarve, der kun er af betydning for varmemodtagelse med lysende stråler. Udstrålingen er pr. 1° temperaturforskel godt $1/8$ af hvilestofskiftet.

Også varmeafgiften til luften, der herved opvarmes og stiger til vejrs, er pr. 1° temperaturforskel godt $1/8$ af hvilestoffet, hvis der ikke er nogen luftbevægelse af betydning, d.v.s. ca. 10 cm i sekundet; men forøges den til 40 om/sek. fordobles afgiften.

Har vægge, møbler m.v. samme temperatur som luften, ville man derfor vente, at afgift ved stråling og konvektion var lige store, men kun $2/3$ af overfladen af kroppen (tøjet) kan stråle frit, mens hele overfladen (når arme og ben ikke lægges over kors!) opvarmer den passerende luft, hvorfor forholdet bliver 2:3.

Ledning til gulv, stolesæde, bordplade m.v. spiller normalt ingen rolle. Fodkulde skyldes kold luft ved gulvet. Gulvtemp. over 25° føles ubehageligt.

Derimod fordamper der altid vand fra huden, (uanset om vi sveder), som om $1/10$ af huden var helt våd, og resten helt tør, ialt ca. 1 liter i døgnet sædvanligt - og ved sengeleje godt $\frac{1}{2}$ liter i døgnet (ca. 200 gram under nattesøvnen). En liter vand beslaglægger ved omdannelsen til vanddamp af samme temperatur ca. 600 kcal (kalorieværdien af 1 liter mælk!). Med udåndingen af luften afgives ca. 10% af kalorieproduktionen, ved 3000 kcal daglig altså ca. $\frac{1}{2}$ liter vand.

Rundt regnet afgiver vi ved fordampning 25% - ved stråling 30% - ved konvektion 45% af varmeproduktionen, hvis væg- og lufttemperatur er ens. Temperaturforskellen mellem person og væg/luft skal da være ca. 4° .

Sveden sætter først ind, når kropstemperaturen overstiger 38° , eller hudtemperaturen overstiger 33° , og den får navnlig betydning under muskelarbejde med derfor stigende kropstemperatur. Hudtemperaturen afhænger mere af omgivelserne; (for arbejdsydelsen er det en fordel, at huden er kold og ikke modtager blod, da dette så står til musklernes rådighed). Selv kolde hænder (uden handsker i frostvejr) kan svede.

Temperaturfaldet fra hud til nærmeste luft (under tøjet) er i reglen 4° , d.v.s. at sveden begynder ved lufttemp. over 29° . Ved hjælp af "4-tallene" får vi altså: Krop 37° - hud 33° - inderluft 29° - tøjoverflade 25° og væg/luft 21° .

I stillestående, 50% fugtighedsmættet luft på 21° vil isolationen ved hjælp af en let mandlig sommerbeklædning omtrent være som hudens varmeisolation i forhold til de dybere lag, altså også de nævnte 4° (fra 29° til 25°). Men stiger temperaturen indendørs over 21° , må vi klæde os lettere!. I øvrigt regulerer vi beklædningens isolation ved af "lufte ud" under tøjet, hvilket er nødvendigt, når vi sveder, - f. eks. når vi ligger i solen (i mørkt tøj eller uden) fra denne modtager dobbelt så megen varme, som vi producerer selv. Er luften over 36° , er sveden vor eneste varmeafgift. Men denne forudsætter, at luften ikke er vandmættet, d.v.s. at vanddampenes tryk ved 36° (nemlig 45 mm kviksølv) ikke overstiges.

Ændringer i indendørsluftens fugtighed (40-70% mætning) spiller ingen rolle; men falder vanddamptrykket under 10 mm Hg (40% ved 25° , 70% ved 19°) synes fordampningen fra næseslimhinden at blive så stærk, at slimhinden bliver tør (mucin-opløsningen på overfladen bliver for sejg til, at fimrehårsbevægelsen kan foregå).

Historien viser, at de større samfundsdannelser opstod i lande med årets gennemsnitstemperatur omkring 21° - men tilige, at den tekniske udvikling var størst, hvor døgntemperaturen om sommeren kun er 18° og i det tidlige forår nede på 5° .

Næst efter at dække behovene for vand og føde, har selv det primitiveste menneske måtte indstille sig på at muliggøre varmeregulationen. Hvor klimaet nødvendiggør husbygning, har opvarmningen hjulpet - i forbindelse med beklædningen. Denne forbindelse består stadig. Det tætte hus rejser spørgsmålet om luftskifte, og af dette afhænger også varmeforholdene (se næste foredrag).

Høj temperatur påvirker mest mærkbart vort befindende og (objektivt måleligt) den mentale arbejdsevne. Temperaturer i husets rum bør være så lave, som behagelighedsfornemmelsen tillader. Efterhånden som vor "udetilværelse" aftager, selv under færdsel, udjævnes årstidssvingningen - også i beklædningen, og vi indstiller os på at kræve sommervarme i huset hele året.

I fri luft vil der om dagen kun sjældent (f. eks. i tørt, klart bjergklima) ske nogen stråleafgift til det kolde himmelrum, men det giver en friskhedsfornemmelse i hovedet, mens stråleopvarmning af dette (fra vore varme lofter) o.s.v. virker trykkende. Stort set er vi dog indstillet på at modtage strålevarme og afkøles ved konvektionsafgift til luften.

Den matsort sværtede kakkellovn udstråler varme, den blanke kamins kakler ikke. Den såkaldte "radiator" giver navnlig luftopvarmning, mens fyrstedet takket være skorstenen opvarmer murene. Udstråling til kolde (navnlig fugtige vægge) må kompenseres af højere lufttemperatur. Er væggene 12° , fryser vi ved lufttemp. 21° . De kolde vægge afkøler rumluften, der synker til gulvet og giver fodkulde. (De varme vægge opvarmer luften - hvad solen jo ikke gør, hvorfor vi indendørs må efterligne naturens luftbevægelser ved ventilation).

Pejsen suger luft uden om brændslets forbrændingszone (indtil 600 m^3 i timen) og stråleopvarmer væggene. Er disse 21° , foretrækker vi 18° lufttemperatur.

Ren luftopvarmning er uheldig - supplement, når bygningen ad anden vej (solen) er varm. Ren stråleopvarmning fra loft opvarmer gulv (ideelt i gymnastiksale) og holder luften kølig; men benene under borde opvarmes ikke, og hovedet opvarmes.

Væggenes og det faste inventars gennemsnitstemperaturer bør ikke være væsentlig lavere end luftens, helst noget højere, og de skal fra gulv til loft helst have ens temperatur.

Væggene må være isolerende for ikke selv at afkøles for meget, og opvarmningen skal principielt erstatte bygningens varmetab uden at medføre for høj lufttemperatur. I hovedhøjde må luften nødigt være mere end 1° varmere end ved gulvet, og luftbevægelsen bør nødigt være større end 20 mm i sekundet. Gulvet skal isolere mod varmetab (trærister, tæppe).

Træk er ensidig afkøling af et begrænset hudområde; mest følsom er nakke, lænd og fod-ankel-partiet. Også stråletab mærkes som træk.

Ensidig og langvarig afkøling af større legemsflader ("skæv belastning") mærkes sjældent som træk eller kuldetilstand, men ledsages af ændringer i dybereliggende bløddels blodforsyning. Der kommer frostforandringer og "infiltrationer".

Vorre fødder er deformerede og inaktiverede, deres varmeregulation nedsat. Hudtemperaturen (uden sokker og sko) er kun få grader højere end luftens - ca. 25° , men i kolde rum med "fodkulde" lavere endnu, evt. 15° . Dette svækker yderligere fødderne. Smeltepunktet for føddernes fedt ligger væsentlig lavere end for krop hudens fedt. Varme "sutter" muliggør køligere luft ved hovedet!

2. Forelæsning, torsdag den 30. november 1961.

Menneskets krav til husets luft.

Huset har oprindeligt og har stadig den opgave at beskytte mennesket mod vejrliget og dets luner, herunder at opnå de temperaturforhold, der muliggør en behagelig varmeregulation. Opretholdelsen af legemsvarmen anses stadig for en hovedopgave, i forhold til hvilket det indendørs luftskifte, ventilationen er noget sekundært - midlet ved romernes hypocaust eller biproduktet ved den åbne pejs.

Opvarmning og ventilation hænger så nøje sammen, at omtalen af luften også må omfatte dennes temperatur.

Luften må ikke være for fugtig. En fugtigheds-mættet luft af den temperatur, som vi opretholder indendørs, er ubehagelig og usund. De få graders opvarmning til 29° , som inderluften under beklædningen helst skal have, giver nemlig da ikke mulighed for nogen større vandoptagelse, og huden skal jo kunne fordampe 1 liter vand i døgnet. Ventilationen skal fjerne fugtighed, også den af husholdningen frembragte. En familie på 4 personer regnes at frembringe ialt 15 liter vand som vanddamp.

Luftens temperatur skal som tidligere nævnt helst være så lav, som behagelighedsfornemmelsen tillader, og væggenes temperatur skal helst være noget højere. Luften opvarmes både af huset og af menneskene selv, og ventilationen skal derfor fjerne varme. Hvor mennesker sidder tæt, og strålevarmeafgivelsen derfor ophører, da de jo er lige varme, må vi, f. eks. i biografteatre, suge luften bort mellem tilskuerne, bedst nedad, så ansigtet får den køligere luft at mærke.

Beklumret luft giver ildebefindende. Det skyldes hverken iltmangel eller overskud af kulsyre, hvoraf mennesket pr. time udskiller ca. 20 liter. Iltindholdet skal ned på $2/3$ (13%), før vi generes, og ned på $1/3$ (6-7%), før hjernen lammes helt. 1% kulsyre i luften giver dybere åndedræt, men først 5% giver en hyppigere vejtrækning. Når vi rent praktisk bruger maximalværdien 1 pro mille eller 3 gange det normale kulsyreindhold, er det et empirisk tal, ligesom det engelske krav om mindst 20 m^3 friskluft i timen pr. person.

*mere for høj tempo
(ca. mark. v. h.)*

Bedømt efter lugten findes højere kubikmeterkrav, afhængig af renlighed og hensynsfuldhed med den normale 1 liter tarmluft i døgnet - for skolébørn op til 35 m^3 i timen. Det må i øvrigt erindres, at indblæsning af f. eks. 40 m^3 i et rum på 40 m^3 ikke fortrænger luften heri, men opblandes, således at fornyelsen kun er $0,63 (e^{-1})$. Kravet om 20 m^3 friskluft vil sige, at der i et rum på $4 \times 4 \times 2,5 \text{ m} = 40 \text{ m}^3$, der kun har et naturligt luftskifte på 1 gang i timen, kun må være 2 voksne personer (efter arbejderbeskyttelseslovene dog 4, endog uden at luftskiftet påbydes at have denne størrelse!), Det normale luftskifte er kun $\frac{1}{2}-\frac{3}{4}$ og bliver mindre og mindre med moderne isolation. *tatning*

Ildebefindendet i beklumret luft skyldes "varmestase" (vanskelighed ved varmeafgivelse) med stærk blodtilstrømning til huden. Hjernen underforsynes; vi bliver matte, får hovedpine, tryk for brystet, kvalme, svimmelhed samt sved. "Varmeudmattelsen" kan give besvimelse, dybere bevidstløshed og et evt. dødeligt hedeslag, nemlig ved svigtende kredsløbsregulation - konstitutionelt (neurocirkulatorisk asteni) eller ved hjertelidelser, navnlig i stående stilling.

I stillestående luft er behagelighedstemperaturen maksimalt 25° ved 60% fugtighedsmætning - kun 16° ved 90%, mens 40° klares ved 30% mætning - alt under forudsætning af, at vi ligger og hviler os.

Arbejder vi hårdt (240 kcal pr. time), stiger temperaturen til 38° (puls 125) på 2 timer ved 29° , hvis mætningen er 90%, men først ved 36° , når den kun er 60%. En fugtighedsforøgelse fra 60% til 90% svarer altså til $7-9^{\circ}$ højere lufttemperatur.

En del af fugtigheden i et opvarmet rum passerer dog gennem murværket i form af vanddamp på grund af trykforskellen (20° med 50% mætning svarer til 11 mm Hg - 4° med 100% svarer til 5 mm Hg).

Lugte, som den pågældende ikke er tilvænnet, giver ubehag og reflektorisk et mere overfladisk åndedræt samt hæmning af appetiten. De skyldes tarmluft, bakterielt fordærvt sved, fugtigt tøj, mados, tobak og andre forbrændingsprodukter, spec. løbesod - men også svampevækst på fugtige vægge og døde rotter i etageindskud. Forgiftninger med kulilte, kølemidler o.s.v. lades uomtalt.

Men hvad er frisk luft ? Det er noget mere end udeblivende varmetase og lugtubehag. Fornemmelsen udløses af sanseindtryk fra ansigtshuden og næseslimhinden. Huden registrerer selv minimale hurtige fald i lufttemperaturen, navnlig i ansigtet; men også virkningen af luftstrømmes styrke og retning bemærkes, næppe direkte deres tryk på huden, men deres indflydelse på det varmeisolerende, stillestående grænselag af luft op mod huden (jfr. dampbad). I fri luft er det overvejende luftbevægelser, der giver friskhedsindtryk og afkøling, hvorfor enhver afkøling uvilkårligt - selv i stille luft, som når vi vender ansigtet mod en kold vinduesflade - kaldes træk.

Selv i komplet varmebalance og ved neutral behagelighedsfornemmelse vil luften føles som "at skære i", hvor stimulationerne af huden mangler. Luften bør være i bevægelse, helst noget skiftende i retning og styrke, men uden træk (nakke, lænd, ankler), d.v.s. i bevægelse på ca. 15 cm i sekundet, stigende med temperaturen. Dette bidrager også til at udjævne temperaturforskellen mellem fødder og hovede, der helst højst er kun 1°. Jævne luftstrømme af normal stuetemperatur mærkes først som luftbevægelse ved hastigheder over 30 cm i sekundet; i teatre kan en luftbevægelse rettet mod tilskuernes ansigter udnyttes, men ellers vil "frisk luft" indendørs overvejende afhænge af varme-impulser (rettere afkølingsimpulser) som fra køligere vinduesflader (og loft).

Næseslimhindens andel i friskluftsforfølelsen synes at afhænge af temperaturen (kølig luft er frisk) og af fugtigheden - hverken for høj eller for lav (under 10 mm Hg-tryk som tidligere omtalt) samt af luftelektriciteten.

Allerede Hipokrates beskriver forskellen i menneskers adfærd og psykiske habitus under forskellige klimaforhold - de barske bjergegne og de milde dalstrøg. Et af de første "videnskabelige" forsøg drejede sig om tolerancen over for mad og drikke. Vejret påvirker os - både udendørs og indendørs. Vi kender den lumre og trykkende tordenluft, den friske og tynde bjergluft, (der ikke skyldes lavere barometerstand). I nærheden af alpelandskaber kendes "Føhnen", i det sydlige Frankrig Mistralen, på Sicilien Sirocco'en, under hvis indflydelse endog et drab døntes mildere end ellers ifølge ældgammel lov. "Luftforandringen" fra storby til havkyst eller skovrige bjergegne mærker vi alle, og navnlig patien-

ter med luftvejslidelser. Mange anfaldsbetingede hospitalsindlæggelser (blodprop etc.) og trafikulykker optræder hyppigere på tider, hvor der er "omslag i vejret", uanset dettes tilstand på stedet lige i øjeblikket, men i forbindelse med frontpassager og ændringer i luftens elektriske spændingstilstand ("radiostøj").

Storbyens luftforurening kan jeg kun strejfe. Når vi taler om husets luft og dets tilførsel af frisk luft, må vi principielt gå ud fra, at en sådan står til vor rådighed som yderluft. Det gør den imidlertid ofte desværre ikke.

De ca. 30 tons aske, der dagligt falder i Storkøbenhavn, trænger ikke ind i husene (noget slæbes ind med fodtøjet); men røgparkler, der svæver usynligt sammen/forbrændingsprodukterne i luftform, vil gøre dette. Over Danmark sender vi daglig bl.a. 750 tons svovlsyrling og 250 tons røgparkler ud i luften. Benzinmotoren giver ved bykørselns stadige stop et benzintab på ca. 5% samt store mængder kvælstofilter, og dagslysets violette stråler aktiverer kvælstofdiodsydet, således at dette omdanner kulbrinten til formalin, akrolein og organiske "overilter" (epoxyder). Disse irriterer slimhinderne, skader vegetationen og virker navnlig så vandsugende, at der selv i 50% halvtør luft kommer en dis - pr. kubikcentimeter luft over 1 mill. kondensationskerner, der hidsuger vandet. Reaktionen fremmes af svovlsyrlingen, og selv bliver denne iltet til svovlsyre, der også danner dis (Los Angeles). Også herigennem ændres luft-elektriciteten. At byluften også ødelægger maling og tøj indendørs er jo velkendt.

Imidlertid laver vi selv ved hjælp af tobak indendørs også en mængde røg, bl.a. med partikler indeholdende kraftprovokerende kulbrinter, navnlig ved cigarettens forbrændingsforhold. Bortset herfra og fra de irritationer af åndedrætsorganerne, som både tobak, skorstensrøg og biludstødninger giver, føler vi jo et ubehag når luften er for "tilrøget". For mange partikler i luften er altså ikke godt, selv om vi ser bort fra deres virkning på luftvejenes slimhinder, navnlig deres fimrehår, der beskytter os mod indvendig tilstøvning. Også disse partikler ændrer luft-elektriciteten.

Jorden er omgivet af sin jonosfære, og mellem denne og jorden går der til stadighed en uhyre svag elektricitetsstrøm; thi luften isolerer ikke helt. Der bevæger sig visse elektroner i denne ligesom i en metallede, men ikke frit. En yderst minimal

mængde af luftmolekylerne er derimod joniserede, fordi disse rammes af joniserende stråling fra jordbunden overalt og fra dennes emanation i luften, af den kosmiske stråling og i mindre grad de ultraviolette solstråler. Hvert sekund dannes der pr. kubikcentimeter luft en halv snes jonpar - et luftmolekyle, hvorfra en elektron fjernes (den positive jon), og et luftmolekyle, som optager denne elektron (den negative jon). Positivt og negativt ladede molekyler støder til stadighed sammen og aflades indbyrdes; men der forbliver nogle hundrede frie, såvel positive som negative, luftjoner pr. cm^3 . Andre fanges af luftens kondensationskerner og røgpartikler, som danner store partikeljoner (normalt 5.000 - 80.000 pr. m^3). Mens de små luftjoner, molekylerne, bevæger sig hurtigt - 1,5 m i sekundet ved et spændingsfald som det normale i fri luft - bevæger de store partikeljoner sig 200-2000 gange langsommere. Fysiologisk synes disse ingen direkte virkning at have, kun indirekte ved at nedsætte antallet af de små, hurtige molekylejoner, der giver luften sin ledningsevne.

Vi ser derfor, at det elektriske spændingsfald, der i ren luft er ca. 100 volt pr. meter fra jorden opæfter, forøges, når ledningsevnen, d.v.s. luftjon-antallet aftager. Dette spændingsfald - potentialgradienten - har i mange årtier været målt bl.a. i London, hvor det svinger i døgnets løb, bl.a. afhængig af røgmængden. Men når der kommer en tordensky, forøger denne spændingsfaldet, fordi den trækker visse joner til sig og støder de modsat ladede ned til jorden. Atmosfæren føles trykkende, fordi det overvejende er de negative luftjoner, der fjernes.

Også indendørs kan der opstå store potentialdradienter, der laver "tordenluft" ved at tømme luften for luftjoner. Det er især gnidningsfænomener mellem tekstilstøv og dårligt ledende overflader, moderne lak- og plasticstoffer uden tiltrækningsevne over for fugtighed, der bevirker de elektriske opladninger; men også mennesker oplades, afhængig af beklædningens og fodtøjets art og fugtighed, og egentlig er det spændingen mellem mennesket og rummets frie flader, der afgør, om man indånder de luftjoner, der måtte være til stede.

De elektriske ladninger, som dannes på gulv, bordplader m.v. kan udlignes, hvis f.eks. de kan ledes til loftet, eller hvis alle flader er "jordforbundne". Hele bygningen og alt inventarets elektriske egenskaber samt støvmængden (de partikler, der passerer støvsugerens filter) påvirker rumluftens indhold af luftjoner. Disse dannes til stadighed af kosmisk stråling og terrestisk radioaktivitet, bl.a. stammende fra bygningen selv (sten kontra træ).

Vort befindende synes, forudsat at vi ikke selv ved en elektrisk opladning kommer til at påvirke, hvilken slags luftjoner vi trækker hen til, henholdsvis støder bort fra partiet omkring næsen, navnlig afhængig af luftjonernes samlede antal og deres fordeling på positive og negative. Overskud af negative luftjoner gør luften friskere og stopper evt. åndedrætsbesvær (asthma), høfeber m.v.

Det er de indåndede luftjoner, der udløser reaktionerne. Fimrehårenes bevægelser stimuleres af de negative, svækkes af de positive joner. Negative iltjoner uvider luftrørgrenene, medens positive kulsyrejoner giver sammentrækning (dårligere luftpassage) - måske ved påvirkning af et stof, der griber ind i nervefunktionen i luftrørets muskellag. Også påvirkninger - formentlig gennem lugtenervernes endeorganer i næsehulen - af hjernevedhængen, hypofysen og dermed binyrebarkens hormonproduktion er påvist.

Alt det gør, at man nu er mindre tilbøjelig til - ud fra manglende viden - at benægte, at luften ud over gennem temperatur, tryk, fugtighed m.v. påvirker menneskeorganismen. Grunden til, at den luft, som sendes ud fra ventilationskanaler, ikke føles frisk, kunne være, at dens luftjonindhold fanges af metalkanalerne, hvad vi nu er vidende om.

Luftens indhold af smitstof er en yderligere grund til at holde den stadig fornyet; men her spiller også støvindholdet en rolle. Til lufthygiejnens gennemførelse er det altså ikke nok at tillede frisk luft. Bygningen, bohavet m.v. og renholdelsen spiller lige så stor en rolle.

3. Forelæsning, torsdag den 7. december 1961.

Mennesket og lydforholdene i huset.

Mennesket er i indendørs rum gennem luften også udsat for lyde eller rettere de elastiske svingninger, som luften sætter i, fordi der er svingninger i husets bygningsstruktur, eller fordi der er lydgivere i rummet, som direkte sætter luften i svingninger, eller fordi luften står i forbindelse med luften uendørs eller i naborum, således at lydsvingninger her fortsætter direkte til rummets luft.

Akustik betegner lydforholdene i et rum, men også den del af fysiken, der i almindelighed omhandler lydsvingningers opståen og forplantning, samt endelig den tekniske videnskab, der udnytter dels de fysiske love, dels det sansefysiologiske kendskab til menneskets hørelse, når rum skal udformes med henblik på lydens hørbarhed: at vi kan høre, hvad vi ønsker - og i stigende grad også interesserer sig for: at vi undgår de uønskede lyde.

Imidlertid bør man nok udvide akustikens opgave til at omfatte alle, såvel hørlige som "tavse", elastiske svingninger i luft og i bygningsstruktur og at tage hensyn til alle fysiologiske virkninger af lyde, ikke blot de for høresansen i egentligste forstand afgørende, alene sigtende på en korrekt og ubesværet opfattelse af lydene som "signaler" (ikke ord og musik).

Den tekniske akustik er startet som en slags "rum"-geometri (rigtigere stereometri), idet luftens lydbølger tilbagekastes fra vægge, loft og gulv, således at de løber frem og tilbage mange gange, indtil de har mistet deres energi (ved omdannelsen til varme), navnlig ved anslaget af de ramte flader. Herved opstår efterklangen, som i store rum (med relativt længere tid mellem refleksionerne) kan vare flere sekunder. For de toners vedkommende, hvis bølgelængde svarer til den af rummets dimensioner givne resonans (egensvingning), sker der en forstærkning. Det runner. Glatte og hårde overflader, navnlig på spændte membraner, "spejler" stærkt, mens bølgede, bløde og slappe materialer (som gardiner) "sluger" lydbølgerne. Dette kendes fra det fliseklædte badeværelse contra "plystidens" dagligstue. Denne forekommer nu i form af perforerede akustikplader på et underliggende lydslugende

materiale (glasuld m.v.) for at dæmpe lydrefleksionen, altså standse lyden. Perforationerne fanger dog navnlig de højere toner, for hvilke øret er mest følsom, men forvansker altså toneblandingen. "Membran-absorbenter" sættes derimod i svingning som helhed, og denne svingning kan dæmpes af det materiale, som indskydes mellem membran og væg. Herved absorberes også de dybere toner.

Den arkitektoniske akustik arbejder navnlig med rumdimensionerne for at opnå en jævn lydfordeling i forsamlingslokaler, hvor lyden hidrører fra et enkelt udsendelsessted: scenen, tribunen, talerstolen o.s.v. I bolighuset spiller den akustiske stereometri kun liden rolle - frasat i "trappetårnet". Men de moderne byggematerialer, navnlig betonflader støbt mod finér- eller stålplade og direkte bemalet uden puks under, giver hårde lydreflekser. Af særlig betydning er loftrefleksen - den største forskel fra forholdene i det frie, hvor himlen jo ikke giver "ekko". Det gamle bjælkeloft nedsatte reflektionen.

De uønskede lyde stammer navnlig fra de kunstige lydkilder, der sammen med koncentrationen af store menneskemængder karakteriserer nutidens bydannelse med industri, transportmidler på gade og i luft, flerfamiliehuse, vandinstallationer, radio m.v. Disse lyde kan føre til støjplager, der er af en ganske anden natur end den af larm fremkaldte, arbejdsbetingede professionelle døvhed. Denne skyldes ligefrem en ved mekanisk overbelastning af sanseorganet i det indre øre (sneglens Corti'ske organ) opstået degeneration af de celler, der transformerer den mekaniske svingningsenergi til nerveimpulser. Den rammer navnlig toner omkring 4000 Hertz og breder sig herfra både opefter og nedefter, omtrent som den sædvanlige aldersdøvhed; men der er ikke holdpunkter for, at denne er i tiltagen på grund af "almindelig støj".

Støj kan kun vurderes psykologisk og i nogen grad almen-fysiologisk. "Baggrundsstøj" maskerer og vanskeliggør derfor opfattelsen af tale, musik og egentlige akustiske signaler. Man kender ret nøje den maskerende effekts afhængighed af lydets frekvenser og styrke, hvad den sproglige kommunikation angår. Støjen kan desuden belaste koncentrationsevnen og nedsætter derved mentale præstationer, der ved forskellige arbejder forbedres både kvantitativt og kvalitativt ved støjbekæmpelse. Indsovning vanske-

liggøres, og søvndybden aftager. Man vækkes lettere og bemærker da støjen; men ikke alle lyde vækker os. Høresansens primitiveste, dog stadig aktuelle opgave er at være vort konstante advarselsapparat, der (modsat synet) selv under søvnen er udsat for og sættes i funktion af de omgivende lydbølger. Selv de sanseprocesser, som vi ikke opfatter, fordi bevidstheden er ophævet under søvnen eller er koncentreret så stærkt om anden hjernevirksomhed, at vi ikke "hører", bliver dog registrerede i de af hjernens ubevidste nervecentre, hvoraf vore legemsfunktioner og vore følelser afhænger. Forsøgsdyr, der er anbragt i konstant støj, spiser og vokser mindre end kontroldyr, levende under støjfrie forhold. Pludselige lyde giver muskelspændinger, forøget puls, forhøjet blodtryk og forhøjet tryk i hjernerygmarvsvæsken, svedafsondring m.v. Tilsvarende er laboratoriemæssigt blevet påvist efter lydpåvirkninger, der subjektivt ikke opfattedes som støj; f.eks. aftog mavesækkens normale bevægelser. Lydstyrken har i disse forsøg været høj, men ikke så høj, at den i længden ville give larmdøvhed. Ved gentagelser af forsøgene er de nævnte virkninger oftest aftaget i styrke eller helt ophørt. Ejendommelig er her den emotionelle analyse af lydene, hvorom talrige psykologiske erfaringer vidner (moderen, der vågner ved barnets - foruroligende - gråd, men ikke generes af det nærved passerende S-tog. Skipperen, der vågner, når bølgeskvulpet ændrer karakter. Mølleren, når hjulene går i stå).

Rent psykologisk må vi sige, at alle uønskede eller meningsløse lydpåvirkninger er støj, selv om det er rene toner og musikalske klange, som andre ville nyde som en æstetisk oplevelse. Det kan også gælde den uoplagte musikelsker. Det mest generende (evt. uhyggelige) kan være, at lydkilden er ukendt eller ikke lader sig lokalisere, eller at den er tankeassocieret til u lystbetonede forestillinger (nabostridigheder) eller blot, at lydpausens længde er ukendt.

Det farlige er ikke støjen, men menneskets reaktion på denne. Støjen er et emotionelt urocenter og fysiologisk set en udløser af alarm-reaktioner. Disse formidles gennem det vegetative nervesystem og sandsynliggøres også over hypofysen og binyrebarken, hvis hormoner spiller en vigtig rolle for organismens sam-

lede præparering til at imødegå trusler. Efter 4 ugers udsættelse for hyppige støjpåvirkninger viste forsøgsmus en tilvækst af binyrebarken som tegn på stimulation af denne via hypofysehormonet ACTH. Det er således muligt, at langvarig støj vil kunne medføre medicinsk set alvorligere reaktioner end de før nævnte, under selve laboratorieforsøgene registrerede. Personer, der i forvejen er "belastede" og har neurotiske forstyrrelser, siges at være mere følsomme over for støj - lige som over for andre belastninger. De klager i hvert fald oftere end "gennemsnitsmennesket" over støj; men denne behøver ikke selv være årsagen eller en medårsag til deres nervøse besvær. Der savnes nemlig endnu sikre holdepunkter for, at støjplager øger de nervøse sygdomstilstandes hyppighed, men de forværrer utvivlsomt tilværelsen for de mange, der af anden grund befinder sig i sådanne.

Grænsen for "utilladelig støj" er imidlertid ikke blot et spørgsmål om at forhindre oplagte sygdomsfænomener, men også at sikre trivselen, at undgå forstyrrelser, selv om disse er såkaldt normalfysiologiske "alarmreaktioner" og normal-psykologiske "foruroligere". Fra opvarmningsforholdene kender vi og lader vi os lede af behagelighedsfølelsen som et udtryk for, at varmeregulationen ikke belastes, alarmeres eller foruroliges. Også for støjen må vi opstille en trivselsstandard, en støjfrihed som rent praktisk alene samfundets almene levestandard vil afgøre en passende målestok for. Det er nemlig til syvende og sidst et spørgsmål om økonomi og om indgreb over for de forsyndelser, som man nu tillader støjgivere og bygherrer i videste forstand.

Fysisk set er lyde elastiske svingninger, der overføres til luften som skiftende fortætninger og fortyndinger, der forplanter sig (som længdesvingninger) med en hastighed på godt 300 m/sek. Svingningstallet, frekvensen er antallet perioder eller cykler i sekundet (P/s, cps eller Hertz). Svingningsamplituden er her lydtrykket (egentlig lydovertrykket, nemlig trykforskellen mellem fortætning og fortynding), oftest angivet i dyn/cm^2 eller i enheden mikrobar, da 1 dyn/cm^2 svarer omtrent til en milliontedel af normalatmosfærens barometriske tryk. Høretærskelen er 0,00002 mikrobar, og vore lydmålere bestemmer lydniveauet over denne tærskel, angivet som den transporterede lydintensitet

tet (arbejde i sekundet pr. fladeenhed) oftest angivet i watt/cm². Denne intensitet er proportional med kvadratet på lydtrykket (og omvendt med den akustiske impedans = produktet af lydets hastighed og luftens vægtfylde).

Forskellen mellem lydtrykket ved høretærskelen og ved ørets smertefølelse (i nærheden af en jetmotor) er 10⁷, forskellen i lydintensiteten altså 10¹⁴. Man har derfor indført den logaritmiske decibel-skala fra 0 til 140.

Frekvensen angiver tonehøjden, mens den fysiologiske lydstyrke bestemmes af den fysiske lydintensitet. Varieres en tones frekvens med uændret intensitet, opfattes foruden højdeskiftet også en ændring af lydstyrken. Den er kraftigst ved 3000-4000 Hertz. Ved 10.000 hertz må lydintensiteten, for at lyden stadig opfattes af ens styrke, forøges med 20 db, og under 200-400 Hertz må intensiteten øges med 10-40 db, mest ved de lave frekvenser. Man har derfor indført begrebet phon som værende den styrke, hvormed 1000 Hertz (normaltonen) opfattes "fysiologisk" ved denne tones fysiske lydniveauer angivet i db.

Den psykologiske oplevelse er derimod anderledes. Oktavinddelingen svarer til en fordobling af frekvensen, men fra 20 Hertz til ca. 800 Hertz er tonerne alle mere eller mindre dumpe og mørke. Først derefter stiger det subjektive indtryk af tonehøjden raskere op mod de lysere toner; men over 3000 Hertz er stigningen igen langsom. I begge frekvens-yderpartier har desuden lydeniveauet indflydelse. Man har givet 1000 Hertz værdien 1000 mel (af melodi). Tilsvarende er en opgang af lydstyrken fra 30 til 40 phon psykologisk oplevet en meget mindre forstærkning end en stigning fra 80 til 90 phon. De 80 phon opleves ikke som 2 x 40 phon, men som 20 gange. Man har derfor indført begrebet son, høreværdien (loudness level), hvis enhed er den rene normaltone 1000 Hertz ved lydniveauet 40 db (ganske lavmælt tale i 1 meters afstand). Herefter er phon: 30-40-50-60-70-80-90

son: 0,2-1-2-5-10-20-40

Alt dette gælder for de enkelte rene toner. Men støjen er en blanding, hvori også indgår mere eller mindre "fuldstændige" toner, hvorfor phon-skalaen, - hvis forudsætning er den enkelte tones sammenligning med normaltonens styrke, - ikke egner

sig ved støjmåling. Lydniveaumålerne angiver desuden middelværdier af energien og graduerer kun den sande effekt af rene sinustoner (nemlig kvadratet af middelværdien). Frekvensens indflydelse på den fysiologiske lydstyrke søges elimineret ved at indskyde elektriske filtre under forstærkningen af de vekselspændinger, som lydtrykket omdannes til i målerens krystal- eller kondensator-mikrofon. Dette går nogenlunde ved rene toner, men ved sammensatte lyde er fejlene store. En korrekt målemetode for blandede lydstyrker i phon findes ikke endnu. Ørets reaktioner på samtidige lyde af forskellig styrke og frekvens er alt for kompleks til at kunne emitteres i et simpelt elektronisk apparat; og når støjlydene er stærkt dæmpede og spredte frekvenser, vil apparatets "oktavfiltre" blot give en elektronisk forvrængning af, hvad der sker i øret. Endelig savner lydmåleren den følsomhed, som øret har ved en "begyndende" lyd, inden mellemørekuglerne adapterer hørelsen efter lydintensiteten. Apparatet udjævner påvirkningen - svarer til det adapterede, jævnt påvirkede øres følsomhed.

Støjniveauer i phon må altså, selvom de siges vurderet omsatte til sonværdier, dog anses for yderst for grovede tilnærmelser til sandheden. Analysen kan imidlertid give værdifulde oplysninger om "frekvensfordeling" og kan lede på sporet af særlige støjkilder. Baggrundsstøjen i boligområder skyldes den fjernere trafik, og målinger af gadestøjen (ca. 6 meter fra bilerne) viser 65-90 phon - med en stigende andel over 75 phon, hvilket først måles 8-10 meter fra de mest støjende industribygninger.

Støj-psykologisk kan vi opstille 5 kvaliteter:

- 1) Dominerende frekvenser: Brummen, brusen, hvinen. Ensartet fordeling kaldes (analogt med lys) for "hvid støj".
- 2) Dissonanser opfattes som falske toner: "Truttende" og "skærende". Jo flere, des mere støjende.
- 3) Lydfronter, idet tæt følgende, skarpe lydstød og pulsationer virker stærkest.
- 4) Uregelmæssighed, hvortil knytter sig pausens "ventespænding".
- 5) Vibrationer, der ved bygningens resonans med visse støjkomponenter kan blive oparbejdet til stærke påvirkninger.

For "hvid støj" ligger sonværdien på det 3-dobbelte af værdierne for toner, og støjmåleren giver ikke oplysninger

om 2) og udligner tildels 3). Stort set vil en "jævn" støj på 80 db gøre selv en højrøstet samtale i 30 m afstand svær at forstå, 60 db tilsvarende den normale talestemme i 3 meters afstand (nogenlunde lig telefonens). I sove- og arbejdsværelser vil "almindelig" støj på 30-35 db virke forstyrrende - ved tilvænnning dog først 40-45 db.

Lydisolationen af en alm. ydermur er mindst 50 db, men dobbelt ruder i vinduet giver højst 20 db reduktion. Den luftbårne lyd sætter væggene i membransvingninger, således at der opstår luftlyde på deres anden side. En væg bør isolere 30-40 db. De indirekte, i materialer forplantede lyde udbreder sig ved elastiske vibrationer i disse, der fra overfladen igen udstråles som luftlyde. Træ, mursten og indskud af ler er lidet elastiske og lydledende; men jernbeton- og stålskeletkonstruktioner kommer let i elastiske svingninger og er gode lydledere, navnlig når de står under spænding. Kun træge, afspændte masser "sluger" opståede akustiske svingninger. En dæmpning af luftlyden ved overfladebeklædninger formindsker ganske vist selve bygningskonstruktionens påvirkning fra luften; men problemet er dog at bygge således, at ledningslyde forhindres. I stedet anvendes nu svømmende gulve, svævende lofter, ekstra vægge o.s.v.

Akustikplader kan være brandfarlige; selv i glasuld kan der samles støv, som ved antændelse giver støvekspllosioner over lange distancer. I hospitaler er perforationerne uheldige af hensyn til bekæmpelsen af den bakterielle støvinfektion. Små rum, der er stærkt "polstrede" med akustikplader, giver en trykkende fornemmelse, måske fordi de lave frekvenser oparbejdes og kun de høje frekvenser dæmpes, måske fordi luftjoniseringen forstyrres. Lyde på 20-40 Hertz kan have op til 100.000 gange så stor intensitet som de lettest hørlige frekvenser, uden at de dog høres! Men alligevel påvirker disse "infrasoniske vibrationer" det indre øre, antagelig navnlig buegangens ligevægtssans. Fra køresygens kvalme til et dårligt defineret, alment ubehag er der jævne overgange.

Bygninger, navnlig af jernbeton sættes nemt i svingninger af vindens turbulens, af trafikrystelser m.v. Svingningernes frekvens afhænger af materialernes elasticitet, spæn-

ding og dimensioner, og disse lavfrekvente "uhørlige lyde" forplanter sig til rummenes luft som stående resonansbølger, hvis energi kan svare til stærk støj. På steder i rummene, hvor de stående bølgers "buge" befinder sig, kan de rent fysiske "overdøve" selv høj tale, men i stedet udløse svimmelhed og give pres for ørene.

Cementbeton er i sig selv elastisk. For at øge modstanden over for trækspændinger armeres den desuden med det elastiske stål, og denne jernbeton bliver derfor til et svingnings-system og lydudstråler - ligesom drengenes telefoner af udspændt sejlgarn mellem to tændstikæsker. Den stive og som en helhed samlede konstruktion må opdeles (fuger) og afspændes. Plastiske zoner kan indskydes, bl.a. ved bevikling af stålbjælker med asfaltjute og ved tilblanding af asfalmørtel som et øverste eller nederste, resp. inderste lag af dæk og skaktvægge.

Revner i vægges materialer giver luftlydsforbindelse (ved dørkarme m.v.), og navnlig åbninger for rørinstallationer i dæk må udfyldes, bedst af et ikke svingningsledende materiale (plastisk, ikke gummi). Voksimprægneret filt dæmper vibrationer i maskiner, og rystelser fra grunden kan - ligesom fugtopsugning - standses på samme måde. Lydgivende bør naturligvis samles til særlige områder af bygningen.

Trinstøj m.v. kan jeg ikke - lige så lidt som andre tekniske detaljer, herunder den støjfrie ventilator - komme ind på.

4. Forelæsning, torsdag den 14. december 1961.

Menneskets og husets lysforhold.

Titlen er valgt med emnet: Husets lysforhold, ikke emnet: Indendørs belysning. Derved vil problemer som husets beliggenhed og rummenes beliggendhed (kældrø, rum uden ydervæg) falde ind under emnet. Ved lysforhold tænkes også mere på lyset i det hele taget end alene på den for synet nødvendige belysning.

Lys er ganske vist vore synsfunktioners forudsætning, men det har også anden betydning for såvel mennesket som bygningen.

Sollyset, selv i form af diffust dagslys, spiller i vort klima en rolle for bygningens opvarmning. Lysstråler, der ikke reflekteres, omdannes til varme, og i sollyset ledsager de usynlige, infrarøde stråler de synlige. Befinder et hus sig i skygge, vil det oftest betyde en så tæt bebyggelse, at skygge og læ følges ad, således at ydermurene heller ikke udsættes for den frie vinds påvirkning med tilhørende udtørring af murenes fugtighed.

Befinder muren sig under terrænhøjde i kontakt med jorden, har muren helt andre egenskaber med hensyn til såvel varmeisolation som fugtighedstransmission. Overgangsmodstanden for varmeledningen er en anden ved luft mod mur end jord mod mur, og navnlig spiller jordens vandindhold en stor og vekslende rolle. For at undgå vandindtrængen gøres muren impermeabel yderst, mens man ellers - for at undgå murens fugtoptagelse indvendig fra - gør den tættest inderst. Man benytter derfor cement, som man af hensyn til jordpres og statik gør massiv, hvorved vi afstår fra at udnytte luftens isolerende egenskaber, der jo er ideen selv i murstens-hel-mure, men navnlig i hulumure, i cellebeton o.s.v. En mur bør principielt være udsat for både sol og vind så langt ned, som murene indenfor er opholdssted for mennesker.

Det er ikke nok med en "lyskasse" svarende til kældervinduerne. Og (for at genoptage tidligere emner) også ventilation må sikres bedre kår end ellers, da luften under terrænhøjden ikke kan "falde ud" fra gulvhøjde; over et kældergulv er der mindre luftbevægelse og udtørring, navnlig når de er kolde.

Måske burde alle beboede kældre have gulvopvarmning.

Det lys, der falder ind gennem vinduer og ikke reflekteres ud igen, bliver til varme i rummet. Glasset selv standser varmestrålerne udefra, d.v.s. opvarmes, og de belyste flader i rummet vil (fraset de få spejlende) kun reflektere få lysstråler, men altså selv absorbere dem, herved opvarmes og derfor afgive varmestråler, der ikke slipper uden for vinduesglasset. Solopvarmningen spiller en stigende rolle ved den moderne arkitekturs forkærlighed for store vinduesarealer. I sydens lande bygges tæt af hensyn til skygge, og der bruges skodder. Tilmed står solen højere på himlen, falder altså ikke ind i så store mængder, og de meget lange sommerdage - som modsvarer vore meget korte vinterdage - kender de heller ikke, herunder de mange timer morgen og aften med relativ lav solhøjde. Med et fremspringende tag kan en pavillon (og øverste etage) i syden godt have store muråbninger, uden at der kommer for meget sol; desuden kan vinduerne i reglen åbnes helt, mens de nu hos os næsten indgår som en del fast ydermur i nye huse.

Foruden usynlige varmestråler har vi usynlige ultraviolette stråler. De er ikke uden betydning for drabet af bakterier i indendørsluften, især hvis vi får denne til at cirkulere forbi vinduets nærhed. Direkte målinger af f.eks. streptokokkeres antal i støv i vindueskarme og i fjerne kroge har vist dette tydeligt. Men for "renlighedens" vedkommende spiller det også en rolle, at der er så lyst, at man kan se, om der er renholdt eller snavset i værelset.

For de ultraviolette stråler, der har betydning for huden, er rudeglas ikke gennemtrængeligt. Vi bliver ikke solbrændte indendørs, men skulle dette gavne noget, skulle vi jo også være nøgne. Blot ansigtets udsættelse er imidlertid af betydning for aktiviseringen af hudtalgens sterol-indhold til D-vitamin, som opsuges og har betydning for vort kalkstofskifte. Der er imidlertid mange andre grunde til friluftsophold, der jo medfører det hygiejniske boligønske om et tilhørende friluftsområde, der er solbeskinnet, det være sig en altan, terrasse, have og lign., som for børn og lidet mobile ældre må være i boligens nærhed.

Lyset, der slipper ind i øjnene, påvirker sansecellerne i nethinden, der gennem synsnerven står i forbindelse ik-

ke blot med synscentrerne i hjernebarken, hvor synsopfattelsen finder sted, men også med de såkaldte vegetative nervecentre i midthjernen, navnlig hypothalamus, hvorfra bl.a. den hormonkirtel, vi kalder hjerne-vedhængen (hypofysen), dirigeres. Krybdyrenes hudfarvestof reguleres af et pigmenthormon, hvis produktion afhænger af øjnenes lysudsættelse. Man skulle ellers tro, at det kunne ske direkte i huden - men hornhinden og de lysfølsomme sanseceller findes nu engang kun i øjnene. Den forårsbestemte udvikling af kønskirtlerne i dyr med forårsbrunst skyldes også lysudløste hormoner fra hypofysen. Hønsenes æglægning dirigeres tilsvarende, hvad vore hønseavlere jo udnytter. Hos mennesker med dobbeltsidig grå stær (nu sjældent, fordi vi opererer) såstidligere bl.a. ændringer i urinproduktionen svarende til ved velkendte hypofyselidelser. Ejendommeligt er det, at blinde, der endnu har den såkaldte "lyssans" i behold, kan "nyde", at solen falder på øjnene, og tydeligt spore solens virkning på almenbefindendet. Solstik skyldes ikke ophedning af hovedhuden, men er en virkning af stærkt lys i øjnene. Solbriller har nu afløst tropehjelmene. Og under polarsommerens konstante dagslys nedsættes menneskets søvntrang ganske betydeligt.

Ligesom der for lydenes vedkommende må regnes med mere end sansede "høre billeder", ved vi om lysstrålerne, at mere end selve synsbillederne er af betydning. Hertil kommer, at synsfunktionen gennem øjnenes brug stiller særlige krav til menneskets aktivitet, da øjnene skal drejse og indstilles (i langt højere grad end ørene). Til gengæld kan vi i så henseende med vilje hvile synet (men ikke hørelsen).

Synsarbejdet er af betydning for vor orientering under gang o.s.v. og for vore arbejdspræstationer, af enhver art næsten. En belysning, der letter vort synsarbejde, fremmer således vor arbejdsevne, nedsætter ulykkeshyppigheden, hindrer vor "øjentræthed", der i svære tilfælde føles som hovedpine og indvirker på vor psykiske stemning.

Belysning måles og angives i fysiske enheder, der er afledet af enheden for lyset, idet 1 candela i afstanden 1 meter fra sin kilde ved vinkelret indfald på en falde af størrelsen 1 m^2 giver denne belysning 1 lux. Den samlede lysstrøm fra

lyskilden 1 candela kaldes 1 lumen. (Belysningslegemers lysevne opgives ofte i den 10 gange større enhed dekalumen. For elektriske glødelegemer gælder nogenlunde, at 1 watt producerer 1 lumen). Medmindre strålerne fra lyskildens overflade holdes samlede ved passage gennem linser eller ved spejlsystemer som i en lyskaster eller i et "spot-light", vil strålerne brede sig kugleformet, hvorfor belysningen aftager med kvadratet på afstanden. Luxmålingen angiver imidlertid den lysmængde, der rammer en flade, mens den lysmængde, der er af betydning for vort syn af denne, er den fra fladen tilbagekaste lysmængde, der rammer øjet. Denne mængde afhænger af fladens blanked, farve m.v. og tillige af lysets karakter, og den kaldes luminansen eller klarheden. Den angives i lysudsendelse pr. fladeenhed, altså $\text{candela/m}^2 = 1 \text{ nit}$ eller $\text{candela/cm}^2 = 10.000 \text{ nit} = 1 \text{ stilb}$. Luminansforskellene i forbindelse mellem farveforskellene - som jo beror på, hvilke af de mange spektralfarver i det pågældende lys, der indtages i genstanden, og hvilke der reflekteres - bevirker, at øjet fra de forskellige steder af synsfeltet modtager forskellige påvirkninger, således at det kan skelne mellem disse dele, d.v.s. opfatte et detailrigt samlet billede. I stedet for bestemmelse af lysudsendelsen fra lyskilden (lux-måling) er det rigtigere ved fotometri at rette luxmeteret - ligesom fotografen gør - mod de flader i rummet, der vil indgå i personernes synsfelter, og bestemme deres fysiologiske klarhed. Størst luminans har de gule, lysegrønne og beige farve. I øvrigt må luxmetret have en følsomhed, der varierer i de forskellige dele af spektret på samme måde som øjets følsomhed; men den fotoelektriske selen-celle har tilfældigvis netop denne egenskab.

Dagslyset varierer hos os fra en overskyet vinterdag (midt på dagen) 3000 lux til i klar sommervind 100.000 lux. Det diffuse, reflekterede himmellys giver ca. $\frac{1}{4}$ af de direkte solskin. Til sammenligning: Nogle få hundrede lux forekommer os at være en god belysning indendørs.

Indendørs vil belysningen af en flade i bordhøjde oftest ligge på ca. 10% af dagslyset ude, når afstanden fra vinduet er 1 meter, men nede på 1% i 3-4 meters afstand (om vinteren kun et halv hundrede lux højst, hvad vi synes er dårlig be-

lysning). Disse "dagslyskvotioenter" afhænger naturligvis af vinduesarealet, af det - fra pågældende sted synlige - frie himmelareal og dettes højde over horisonten samt af lysreflektionen fra mure, træer m.v. (lyse gårdfacader!). En almindelig regel er, at vinduesarealet bør være $1/10-1/5$ af gulvarealet og højt placeret. Underkanten bør være så højtliggende, at man ved arbejdsbord eller liggende på sofaen ikke blandes. Gamle erfaringer siger, at himmelarealets midte skal have en hældningsvinkel på mindst 30° , og dets størrelse ved projektion på vandret flade være mindst 50 reducerede kvadratgrader; sidstnævnte giver oftest en såkaldt åbningsvinkel på 4° i lodret snit.

Vigtigere er det at få opfyldt de i det følgende anførte kvaliteter ved belysningen:

- 1) blændfrihed,
- 2) luminans-fordeling,
- 3) skyggevirksomhed,
- 4) farve,
- 5) stabilitet.

Disse faktorer er afgørende for, om synsfunktionen muliggøres, lettes og understøttes, nemlig om de før omtalte detailler, af hvis opfattelse synsbilledet afhænger, fremhæves, samtidig med at synsbetingelserne som helhed er de bedst mulige. Dette er ikke ensbetydende med den størst mulige lysmængde, tværtimod kan denne forstyrre synet - trods en betydelig tilpasnings-evne hos nethinden og som følge af pupilændringer.

Blænding er en ubehagelig synsforstyrrelse, der skyldes særligt lyse dele af synsfeltet. Inde i øjet opfattes dette dels af et lille, detailopløsende centralfelt (synsgrubens "fotografiske film"), dels af et observerende oversigtsfelt udenom (en slags "radarskærm"). De tilsvarende to, fundamentalt forskellige synsfunktioner påvirker hinanden, og navnlig hidkalder de lyse signaler på skærmen reflektorisk centralfeltet. Den direkte blænding skyldes utilstrækkeligt afskærmede lyskilder (eller meget lyse armaturer) og er stærkest, når disse findes i nærheden af centralfeltets synsretning. Refleksblænding opstår, når lyset fra en genstand, der befinder sig fjernt fra synsretningen, dog rammer øjet ved spejling i en blank overflade. Af særlig

betydning er her, at øjet er indstillet på, at der er lysere opadtil - mørkere nedadtil, således at nederste synsfeltshalvdel er særlig blændingsfølsom. Kontrastblænding opstår, når en mørk flade støder op til (eller omgives af) lysere flader, da øjet indstiller sig på at tåle den store lysmængde og derfor ikke ser godt nok på den mørke flade. Blot den skiftevis betragtnings af lysere og mørkere flader trætter øjet på grund af den nødvendige stadige ændring af lysfølsomheden. Tilsvarende gælder overgangsblændingen. Den maksimale pupilforsnævring tager kun et par sekunder, den maksimale udvidelse derimod ca. 40 sekunder. (Nethindeadaptation til mørke varer godt 20 minutter).

Belysningen bør ikke give større forskelle mellem den iagttagede genstand og dens nærmeste omgivelser end 3:1, resp. de fjerneste synsfeltsdele 10:1. Belysningslegemets luminans i forhold til dets baggrund nødtigt mere end 20:1, alt forudsat kontrastblændingsfrie overgange. Større luminanser centralt i synsfeltet end 2000 candela/m² nedsætter synsevnen. Opalglas fordeler trådenes luminans over en stor flade med 30% tab; indvendig mattering giver kun 1/2% tab. Ved indirekte og halvindirekte belysning nedsættes luminansforholdet mellem lyskilde og baggrund.

Skyggevirksomheden tjener til opfattelse af rumlige figurer, detaljer i overfladen og "mødet" mellem pennen og dens skygge på papiret. En passende del af lyset skal (som i det frie) være retningsbestemt - oppefra og normalt fra venstre; men skyggen må hverken være for skarp (kontrastblænding) eller for mørk (luminansfordeling).

Farven af lyset bestemmer vor farveopfattelse, men giver desuden en psykisk virkning af betydning for helhedsindtrykket. Kunstige belysningskilder må i styrke og farve afpasses efter det dagslys, som det blandes med - og skal erstatte. Farveopfattelsen ændrer sig noget med belysningsstyrken, hvorfor der er en vis sammenhæng mellem lysstyrke og lysfarve. Ved svagere belysninger forekommer i naturen de rødlige, varme aftensolfarver os rigtigst. De "koldere", mere blålige dagslysfarver svarer til stærke lysniveauer. Hvad angår luminansrør (lysstofbeholdende kviksølvlamper) udsender disse dels det fluorescerende materials båndspektrum med gullig-grøn overvægt, selv i "luxus"gyldne rør, dels kraftige blålinjer i kviksølvliniespektret. Lysmå-

leren reagerer kvantitativt stærkt, mens synet føler sig kvalitativt snydt for navnlig de røde farver - det foretrækker så store "luxmeterverdier", at udsendelsen i det røde spektralparti nærmer sig det naturlige.

Stabiliteten er af betydning. Pulsationen ved vekselstrøm virker ubehageligt (og kan give stroloskopisk effekt) og den er størst ved lysstofrør. Film og fjernsyn trætter, fordi den betragtede flade i lange perioder er mørkelagt, og fordi efter billederne blot "snyder os"; det er på en måde at drille nethinden (såkaldt flimmerfusion, der nedsættes ved træthed i hjernen - og kan virke epilepsi-udløsende).

Endelig belysningsstyrken: Den afgør, hvor sikkert, hurtigt og bekvemt synsopfattelsen foregår. Den må afpasses efter arbejdets krav: hvor små de afgørende billeddetaller er, hvor små kontrasterne i luminans og farve, og hvor mørke detaillerne og deres omgivelser er. Jo hurtigere synsarbejdet må ske, og jo længere det varer, des større belysning er nødvendig. En 60-årig kræver dobbelt så stor belysning som en 20-årig. Efter DS opstilles kravene alene efter arbejdets "finhed": meget groft 25, groft 50-75, almindeligt 100-200, fint 300-500, meget fint 1000-2000 lux.

Jeg nævnte tidligere belysningsstyrkens normale fald fra vindue og indefter. Dette giver en "rumvirkning". En belysning af ens egentlige arbejdsplads med kun 1/10 heraf i "arbejdsfeltets" yderdele - og endnu mindre i synsfeltets fjerneste dele giver indtryk af "privatliv" - fred og ro. Dertil et sted, hvorhen man kan rette øjnene "uden at se noget", d.v.s. afslappe øjenmusklerne, er sikkert af betydning. Det gør vi, når vi ser ud af vinduet og uvilkårligt indstiller på fjernpunktet. Virker et landskabsmaleri ligesådan, hvis vi overhovedet opfatter det? Disse overvejelser er af betydning for rum uden dagslysadgang, navnlig hvis det er små rum.

Endelig er lysets variation i dagens løb med til at give os et indtryk af dagsrytmen, som måske er af større betydning end vore organfunktioner som helhed, end der endnu er beviser for.