



Ydeevne

VINDUERS LUFTTÆTHED, REGNTÆTHED OG STIVHEDSFORHOLD
ved civilingeniør Alice Kjær

RESUMÉ:

I notatet beskrives 3 prøvemethoder, der alle kan anvendes på samme prøvelegeme ved indsætning i en til formålet opbygget prøvestand.

Ad prøvemethode 1 vedr. vinduers lufttæthed

Heri beskrives en prøvemethode, hvormed det er muligt at måle lufttætheden af en vindueskonstruktion udsat for de luftovertryk, som må forventes i praksis. Disse målinger kan anvendes til klassifikation af vinduet.

Ad prøvemethode 2 vedr. vinduers tæthed mod slagregn

Heri beskrives, hvorledes man simulerer slagregn og undersøger, om vindueskonstruktionen er regntæt. Det kan også ved at simulere ekstreme belastningsforhold undersøges, om vinduet kan anvendes under særligt udsatte forhold.

Ad prøvemethode 3 vedr. vinduers dynamiske styrke og stivhed

Heri undersøges vindueskonstruktionens stabilitet over for hurtigt pulserende vindbelastninger. Sammenhørende værdier af påvirkning og udbøjning måles. Konstruktionens stivhed samt elastiske og blivende deformationer bestemmes.

Desuden beskrives kort under alle 3 prøvemethoder den opbyggede prøvestand, idet der lægges vægt på at beskrive de forhold, som netop er af betydning ved hver af de 3 prøvningsfremgangsmåder. Dernæst diskuteres den nøjagtighed, metoden ventes at give. Der henvises tillige til relevant litteratur.

April 1973

YDERLIGERE OPLYSNINGER KAN FÅS VED HENVENDELSE TIL:

Forfatteren

Effekt tilladt med kildeangivelsen SBI-NOTAT og nr. Ved brudstykkevis gengivelse er det dog en forudsætning, at ovenstående medtages, da meninger og resultater kan forflygtiges, hvis tekst eller illustrationer tages ud af den oprindelige sammenhæng.

24.1
-3. APR. 1974

00702 P

Prøvemetode nr. 1 vedrørende

VINDUERS LUFTTÆTHED

=====

KLASSIFICERING

SfB klassifikation af byggevarer (31)X

CIB Master List 1972, 4.03.01

FORMÅL

Metoden anvendes til at bestemme vinduers grad af lufttæthed. Vinduet, som skal afprøves, kan eventuelt være indbygget i et ydervægselement.

APPARATUR

Vinduet indbygges i en prøveramme, som maksimalt tillader afprøvning af emner med en bredde på 3040 mm og en højde på 3300 mm. Dybden af det afprøvede vindue bør ikke overskride 300 mm.

Der skabes et luftovertryk i en stålkasse, hvis opbygning er vist skematisk på fig. 1. Denne stålkasse er monteret på hjul og kan sammenkobles lufttæt med prøverammen langs kanten af prøvearealet.

Selve kassen, der er 1 m dyb, indeholder udstyr for lufttilførsel og vandpåsprøjtning. Luften leveres af en semihermetisk blæser gennem een af 3 ventiler med forskelligt reguleringsområde. Den indblæste luftmængde måles med shuntflowmetre. Trykket i kassen måles såvel med U-rørsmanometer som ad elektrisk vej ved hjælp af en SEL differenstræktransducer med Bofors detektorenhed for registrering på skriver.

Endvidere er apparatet forsynet med udstyr til frembringelse af vindstød og slagregn.

PRØVNING

Prøveemner

Målene af prøveemnet må ikke overskride de indvendige mål for den ramme, hvori prøveemnet indbygges. Dette mål er 3040 mm x 3300 mm. Prøveemnets dybde kan normalt gå op til 300 mm.

Vindue eller evt. ydervægselement med vindue indbygges i en væg (blindramme), der kan indsættes i den førromtalte ramme. Indbygningen skal foretages, således at fugen mellem prøveemne og blindramme er vejrtæt, og kun små mængder luft må kunne passere fugen.

Udførelse af prøvning

Kasse og ramme sammenkobles lufttæt. Derefter tilsluttes blæseren, og der sættes overtryk på kassen ved at åbne forsigtigt for den mindste af ventilerne. Er lufttætheden ringe, kan sammenhørende værdier af overtryk og luftgennemgang aflæses på henholdsvis manometer og gasmåler. I så fald aflæses luftgennemtrængelighederne i følgende rækkefølge af luftovertryk: 100 N/m², 300 N/m², 500 N/m², 700 N/m², 600 N/m², 400 N/m² og 200 N/m², idet trykket holdes konstant 2 minutter ad gangen.

Hvis vinduets lufttæthed er meget ringe, må den mellemste eller evt. den største ventil anvendes for at skabe de nødvendige overtryk, og luftgennemgangen aflæses på den til ventilen hørende gasmåler.

Hvis lufttætheden er god, og man er nede under gasmålerens måleområde, dvs. under 0,2 m³/min., bruges følgende metode:

Overtrykket i kassen indstilles på ca. 1500 N/m² og holdes i ca. 2 minutter. Derefter lukkes for lufttilførslen, og på en UV-skriver registreres det faldende overtryk i kassen som funktion af tiden. Kurven fortsættes, indtil overtrykket er mindre end 100 N/m².

Forsøget gentages, og det kontrolleres, om de opnåede kurver er identiske. Er der forskel, udføres endnu et forsøg, så to identiske kurver opnås.

Af kurven fremgår den til overtrykket p svarende tid t . Udtrykket $\frac{dp}{dt}$, altså den reciprokke værdi af tangenten til kurven, svarer til, hvor hurtigt trykket falder ved overtrykket p . Ud fra kassens rumfang v_0 beregnes, hvor meget luft Q , der undviger gennem vindue og kasse ved trykket p_0 ($p_0 =$ atmosfæretryk + overtryk p).

$$Q = \frac{v_0}{p_0} \cdot \frac{dp}{dt}$$

Der optegnes en kurve over luftgennemgangen i området, $p = 0-1500 \text{ N/m}^2$. Ved at fastholde en plade med påklistrede fugestrimler over hele vinduet, men ikke over fugen mellem vindue og blindramme, afdækkes vinduet helt.

Forsøget gentages, og der måles atter, hvor meget luft der passerer.

Luftgennemgangen gennem vinduet er lig med differencen mellem resultaterne med og uden afdækning af vinduet.

RESULTAT

Det opgives, hvor stor en luftmængde, der går gennem vinduet ved et overtryk på 700 N/m^2 . På et skema - se fig. 2 - indtegnes for overtrykkene $0-700 \text{ N/m}^2$ luftgennemgangen i m^3/h , standardareal, dvs. luftgennemgangen svarende til et vindue med et areal på $1,2 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$, dvs. $1,44 \text{ m}^2$.^{x)}

Skemaet, som vist på fig. 2, angiver betingelserne for klassifikationerne: udmærket, god, brugbar og dårlig.

MÅLENØJAGTIGHED

Ved de små luftmængder (ca. $3-10 \text{ m}^3/\text{h}$) kan der regnes med en nøjagtighed på omkring $\pm 10\%$, medens der ved de store luftmængder, hvor utæthed i kassen spiller en mindre rolle, kan regnes med en nøjagtighed på $\pm 5\%$. Den største unøjagtighed opnås for ekstremt tætte vinduer - mindre end $3 \text{ m}^3/\text{h}$ - hvor utætheden i kassen er af samme størrelsesorden som utætheden i vinduet, hvor usikkerheden kan gå op til ca. 30% .

^{x)} Dette areal er valgt som reference, da det i forvejen bruges i andre nordiske lande.

KOMMENTARER

Metoden egner sig bedst til ikke ekstremt tætte vinduer. Erfaringen viser, at der er god reproducerbarhed og pålidelighed. For meget tætte vinduer har det ingen praktisk betydning at opnå en stor nøjagtighed, da vinduerne i alle tilfælde er meget tætte.

LITTERATUR

1. Agrément. Methods of assessment and testing.
1. Windows SFB (31). UDC. October 1967.
2. METHODS OF TEST FOR RESISTANCE TO AIR AND WATER PENETRATION
Part 1. Windows and gasket glazing systems. British Standard 4315: Part 1:1968. Metric Units.
3. Norske undersøkellesmetoder for vind- og slagregngjennemgang i vinduer. Norges Byggforskningsinstitutt. 0-2801.
4. Lufttetthet i vinduer. Norges Byggforskningsinstitutt. Prøvningsmetode NBI - 34/71. SFB (31)X. ML 4.03.01.

Prøvemetode nr. 2 vedrørende

VINDUERS TÆTHED MOD SLAGREGN
=====

KLASSIFICERING

SfB klassifikation af byggevarer (31)X

CIB Master List 1972, 4.04.03

FORMÅL

Metoden anvendes til at bestemme graden af regntæthed for en vindueskonstruktion. Metoden kan også anvendes til vægge med eller uden vinduer.

APPARATUR

Apparatet, hvis opbygning vises skematisk på fig. 1, består af en kasse af stålplade og en ramme for indbygning af prøveemnet. Kassen, der er på hjul, og rammen kan sammenkobles lufttæt langs kanten af prøvearealet.

Stålkassen, der er 1 m dyb, indeholder udstyr for lufttilførsel og vandpåsprøjtning. Luften leveres af en semihermetisk blæser gennem en af 3 ventiler med forskelligt reguleringsområde. Den indblæste luftmængde måles med shuntflowmetre. Trykket i kassen måles såvel med U-rørsmanometer som ad elektrisk vej ved hjælp af en SEL differenstræktransducer med Bofors detektorenhed for registrering på skriver.

Til simulering af vindstød er blæseren udstyret med et spjæld, der periodisk åbnes og lukkes af en lille motor. Luften undviger gennem kassens dør, der fungerer som regulerbar ventil for indstilling af de ønskede trykvariationer.

Der findes to forskellige udstyr for vandpåsprøjtning, nemlig til simulering af slagregn og til simulering af en jævnt fordelt nedsilende regnmængde.

Slagregnen simuleres ved, at store luftmængder tilføres gennem en række luftdyser, der er anbragt i en vandret række.

Dyserne scanner op og ned over prøvearealet med en hastighed på 0,06 m/sek. Umiddelbart over luftdyserne er anbragt en række vanddyser, hvis vandstråler splittes af luften fra luftdyserne og slås mod prøveelementet som dråber. Dyserarrangementet er således monteret, at det i sin opadgående bevægelse lader vand ramme vinkelret på prøveemnet, medens det ved den nedadgående bevægelse drejes en vinkel på ca. 15° og derved lader vandet ramme prøveemnet skråt ovenfra. Ved denne metode kan der tilføres indtil $15 \text{ l/m}^2\text{h}$.

Den nedsilende regn frembringes af et dyserør, der er anbragt umiddelbart over forsøgsemnets overkant. Derfra løber vandet jævnt fordelt ned i mængder, der kan reguleres fra 10-120 l/h m.

PRØVNING

Prøveemner

Vindue eller eventuelt ydervægselement med vindue indbygges - hvis det ikke tidligere er gjort ved lufttæthedsprøven - i en blindramme, der kan indsættes i den tidligere omtalte forsøgsramme. Indbygningen skal foretages således, at fugen mellem prøveemne og blindramme er vind- og vandtæt, og kun små mængder luft må kunne passere fugen.

Udførelse af prøvning

Kasse og ramme sammenkobles lufttæt. Derefter startes blæseren med åbent luftspjæld. Med kassens dør stående lidt på klem åbnes helt for den største luftventil, hvorigennem luftdyserne forsynes med luft. Derefter mindskes åbningen af døren, indtil et ønskes maksimalt luftovertryk på 1100 N/m^2 opnås. Drivmotoren for scanning med luftdyserne startes. Dernæst tilkobles programværket, der styrer spjældmotoren, så der åbnes og lukkes for lufttilførslen med en periodelængde på 6 sekunder. Slangepumpen, der pumper vand i karret over luftdyserne, startes. Når vandstanden i karret når op til en overløbsstuts, er vandmængden, der påsprøjtes væggen, normalt ca. $10 \text{ l/m}^2\text{h}$, og prøvningen betragtes som igangsat fra dette tidspunkt. Prøven afbrydes enten ved vandgennemslag eller efter en times forløb.

Som supplerende undersøgelse sættes en ny prøve (tillægsprøve)

i gang, hvor man udover den tidligere eksponering tilføjer 100 l/m h nedsilende regn. Denne prøve skal ligeledes, hvis vandgennemslag ikke forekommer, vare en time.

Alternativ prøvning

Hvis vinduet udviser lækage ved slagregnsprøven, kan der foretages en alternativ prøve for at finde ud af, ved hvilket mindste pulserende overtryk vandet trænger gennem vinduet (væggen).

Prøvningen kan foretages umiddelbart efter slagregnsprøvningen, da det er den samme forsøgsopstilling, der anvendes.

Ved prøvningen tilføres der konstant 100 l/m h nedsilende vand; hertil tilføjes slagregnen som før. Der begynder med små luftovertryk, der gradvist forøges, dog stadig med et vindstød á 3 sekunder hvert 6. sekund.

Prøven udføres efter følgende skema over trykdifferencer og tider:

Trykdifferens N/m ²	Varighed min.
0	15
0 - 100	10
0 - 200	10
0 - 300	10
0 - 400	10
0 - 600	15
0 - 800	15
0 - 1100	20
0 - 1500	20

RESULTAT

Slagregnsprøven og tillægsprøven anses ikke for at være beståede, hvis der trænger vand gennem konstruktionen.

Det angives i rapporten, om og i givet fald hvornår vand trænger igennem konstruktionen enten ved slagregnsprøven eller ved tillægsprøven. Tillige angiver, hvor lækage(r) findes samt en subjektiv vurdering af størrelsen af den(disse).

Er den alternative prøvning foretaget angives, ved hvilket tryk der forekommer lækager. Også her beskrives stederne, hvor lækager forekommer, og hvor omfattende disse skønnes at være.

MÅLENØJAGTIGHED

Mængden af det vand, der påføres ved slagregnspåvirkning, kontrolleres jævnligt over en eller flere dyser. Der må påregnes en nøjagtighed i vandmængde på $\pm 10\%$.

Lufttrykket kan aflæses med en nøjagtighed på $\pm 10 \text{ N/m}^2$.

KOMMENTARER

Skal vinduet anvendes på specielt udsatte steder, gennemføres slagregnsprøven efter samme principper, men med et luftovertryk på 1500 N/m^2 i stedet for 1100 N/m^2 .

LITTERATUR

1. Norske undersøgelsesmetoder for vind- og slagregngjennemgang i vinduer. Norges Byggforskningsinstitutt. 0-2801.
2. Methods of Testing Windows.
CEN European Committee for Standardization CEN/WG 33
GE 4-1 65 E Draft.

Prøvemetode nr. 3 vedrørende

VINDUERS DYNAMISKE STYRKE OG STIVHED

KLASSIFICERING

SfB klassifikation af byggevarer (31)X

CIB Master List 1972, 4.01

FORMÅL OG ANVENDELSESOMRÅDE

Metoden kan anvendes til at undersøge vinduers stabilitet over for hurtigt pulserende kraftige vindbelastninger.

Konstruktionens stivhed samt elastiske og blivende deformation kan bestemmes.

APPARATUR

Apparatet, hvis opbygning vises skematisk på fig. 1, består af en kasse af stålplade og en ramme for indbygning af prøveelementet. Kassen, der er på hjul, og rammen, kan sammenkobles lufttæt langs kanten af prøvearealet.

Selve kassen, der er 1 m dyb, indeholder udstyr for lufttilførsel og vandpåsprøjtning. Luften leveres af en semihermetisk blæser gennem een af tre ventiler med forskelligt reguleringsområde. Den indblæste luftmængde måles med shuntflowmetre. Trykket i kassen måles såvel med U-rørsmanometer som ad elektrisk vej ved hjælp af en SEL differenstræktransducer med Bofors detektorenhed for registrering på skriver.

Til simulering af vindstød er blæseren udstyret med et spjæld, der periodisk åbnes og lukkes af en lille motor. Luften undviger gennem kassens dør, der fungerer som regulerbar ventil for indstilling af de ønskede trykvariationer.

Endvidere er apparatet forsynet med udstyr til frembringelse af slagregn.

Til måling af vinduets udbøjning anvendes en bevægelsestransducer af fabrikat Bofors med tilhørende detektorudstyr, hvis

signal registreres på en af UV-skriverens kanaler.

PRØVNING

Prøveemner

Vindue eller eventuelt element med vindue indbygges i en væg (blindramme), der kan indsættes i forsøgsrammen, hvis størrelse er 3040 mm x 3300 mm. Indbygningen skal foretages således, at fugen mellem karm og væg er vind- og vandtæt, og kun små mængder luft må kunne passere fugen.

Udførelse af prøvning

Kasse og ramme sammenkobles lufttæt. Bevægelsestransduceren anbringes midt på vinduet, idet den fastholdes af en travers, der spændes fast til karmen i vandret eller lodret retning over vinduets mindste dimension.

Derefter startes blæseren med åbent luftspjæld. Med kassens dør stående lidt på klem åbnes helt for den store luftventil, hvorigennem luftdyserne forsynes med luft. Derefter mindskes åbningen af ~~døren~~, indtil det ønskede overtryk nås. Derpå tilkobles programværket, der styrer spjældmotoren, som igen åbner og lukker for lufttilførslen. Med periodelængden 6 sekunder pulserer luftens overtryk så mellem 0 og det ønskede overtryk. Der anvendes overtryk på 700 N/m^2 , 1100 N/m^2 og 1500 N/m^2 .

Efter at den pulserende vindbelastning har været 5 minutter, startes UV-skriveren, og samhörrende værdier af vindbelastning og udbøjning registreres i ca. 2 minutter. Forsøget gentages med de andre vindbelastninger, hvis indflydelse ønskes undersøgt. Det kontrolleres efter hvert forsøg, om udbøjningen af vinduet er gået tilbage til udgangspositionen, i modsat fald noteres størrelsen af den blivende deformation.

RESULTAT

Som resultat angives samhörrende værdier af det maksimale overtryk i N/m^2 og den maksimale udbøjning i mm med 1 decimal for hvert niveau af den pulserende vindbelastning, der er prøvet. Endvidere udregnes for hver vindbelastning konstruktionens stivhed S.

$$S = \frac{\text{udbøjning i mm} - \text{evt. blivende deformation}}{\text{spændvidde i mm}}$$

Hvis der findes blivende deformationer ved nogle vindbelastninger, angives disse.

KOMMENTARER

Ønsker man at vide, hvor stor selve glassets udbøjning er, kan traversen desuden fastgøres i rammen. Der er dog sjældent større forskel i udbøjningen, hvadenten traversen fastgøres i ramme eller karm.

MÅLENØJAGTIGHED

Der måles med en nøjagtighed på udbøjningen på ca. $\pm 0,1$ mm.

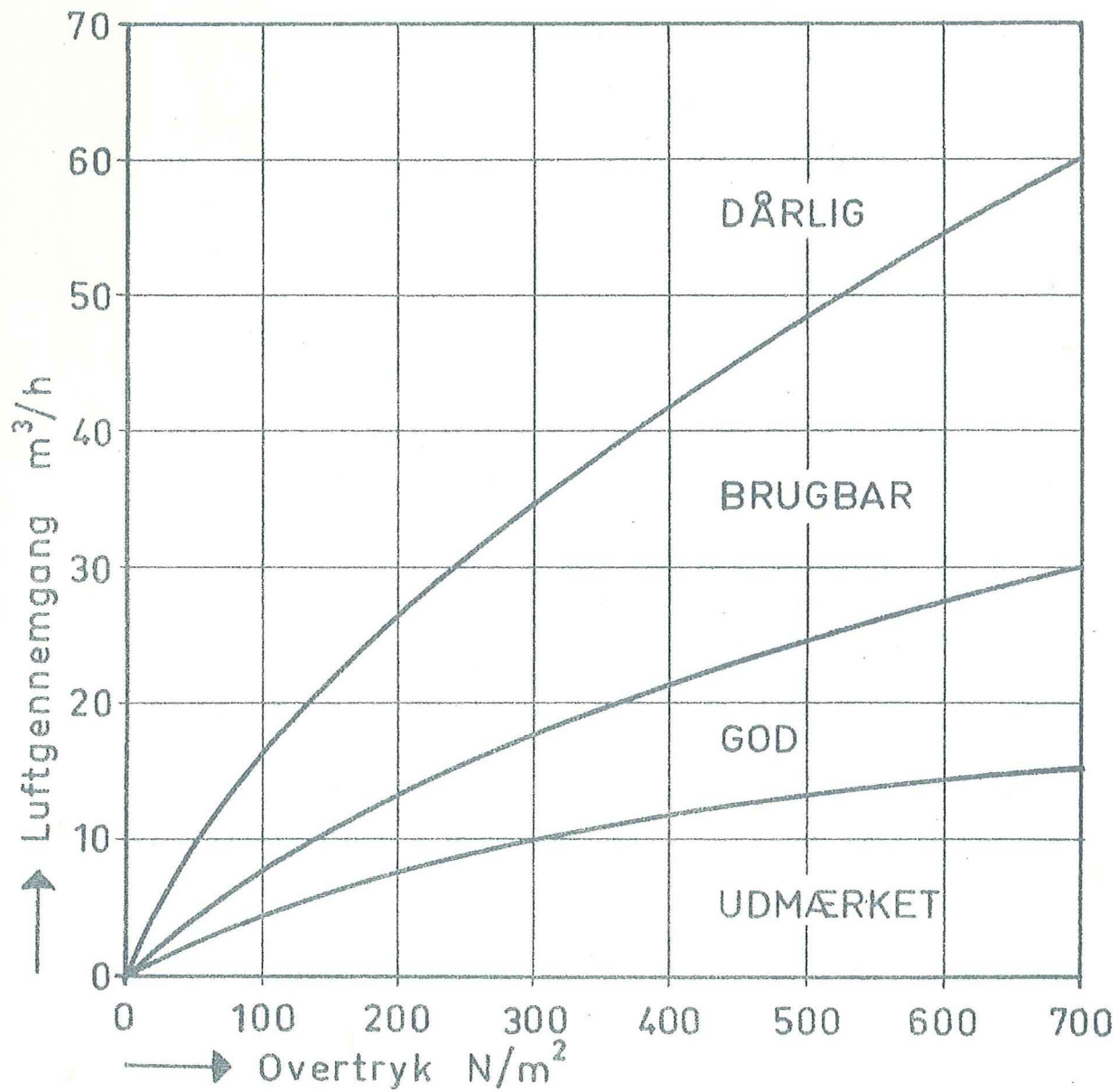
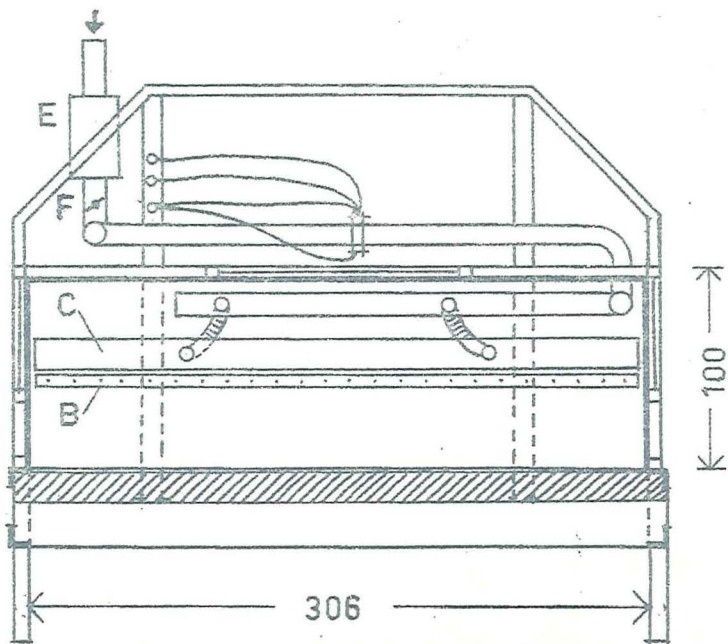
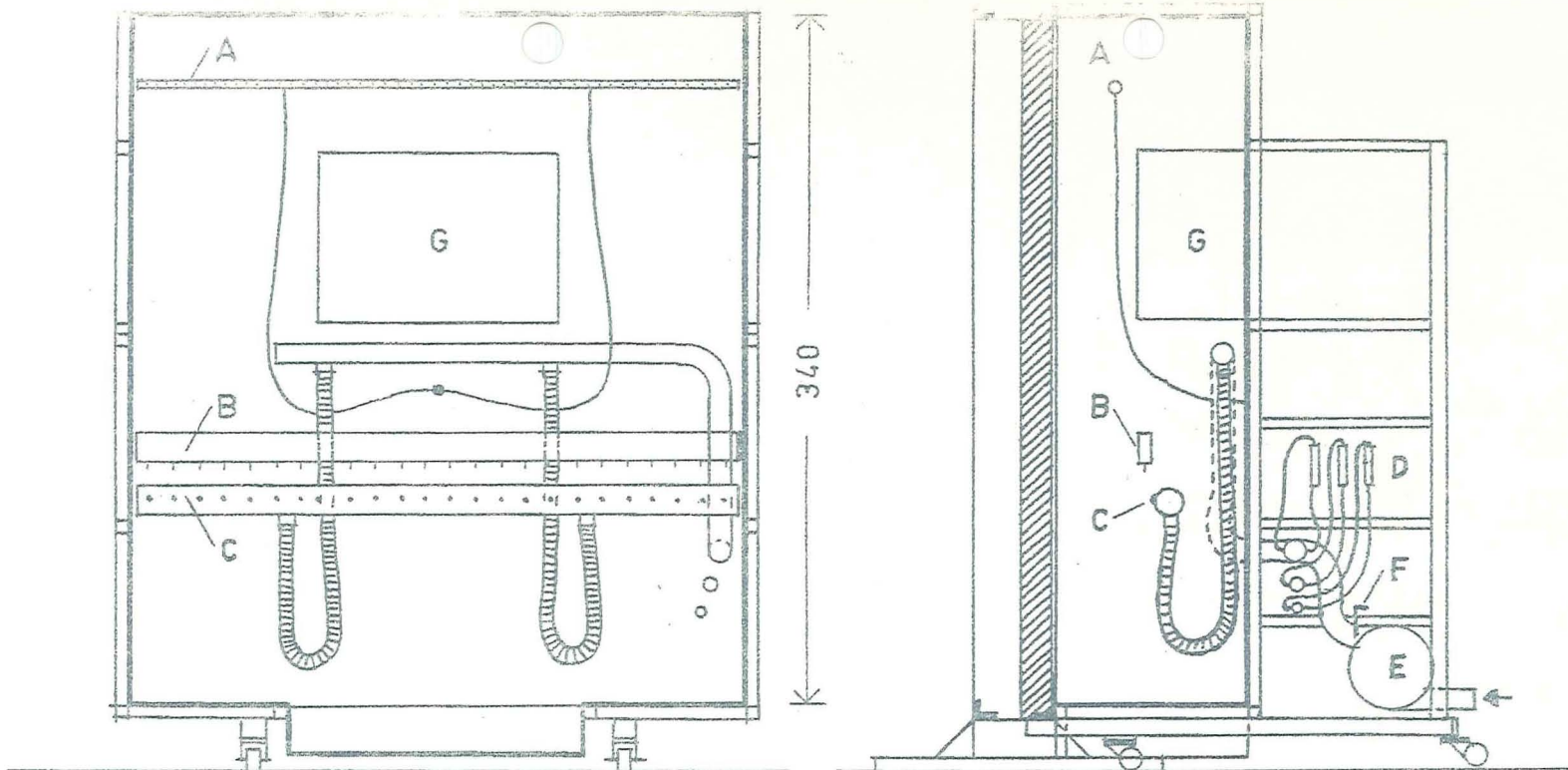


Fig. 2: Klassifikationsskema



- A Faste vanddyser
- B Bevægelige vanddyser
- C Bevægelige luftdyser
- D Flowmetre
- E Ventilator
- F Luftreguleret spjæld
- G Inspektionsvindue

Fig. 1: Skitse af system for prøveapparat