

TR 279/93  
ISSN 0907-7073

**DAMPDIFFUSIVITET**  
**SOM FUNKTION AF**  
**RELATIV FUGTIGHED**

BEHANDLING AF KOP-RESULTATER

JETTE BRUNNSTRØM JENSEN  
KURT KIELSGAARD HANSEN  
LABORATORIET FOR BYGNINGSMATERIALER  
DANMARKS TEKNISKE HØJSKOLE • 1993

# INDHOLDSFORTEGNELSE

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 1. INDLEDNING .....         | 1  |
| 2. KOPMETODEN .....         | 2  |
| 3. DEN SVENSK METODE .....  | 3  |
| 4. BEREGNINGSEKSEMPEL ..... | 7  |
| 5. SAMMENFATNING .....      | 10 |
| 6. REFERENCELISTE .....     | 11 |

APPENDIX A : Koprappport for materialet puds

# 1. INDLEDNING

Nærværende tekniske rapport redegør for en svensk beregningsmetode /1/ til bestemmelse af et materiales vanddampdiffusivitet som funktion af relativ fugtighed (RF). Et materiales dampdiffusivitet for fastholdt RF-niveau bestemmes ved kopmetoden.

Rapporten indledes med en kort gennemgang af kopmetoden. Derefter gennemgås den svenske metode, idet sammenhængen mellem de korrigerede flow og vanddamptrykkene på materialeprøvens underside beskrives med et matematisk funktionsudtryk. Ved differentiering af det opstillede funktionsudtryk kan hældningskoefficienten fås for enhver værdi af vanddamptrykket på materialeprøvens underside. Den søgte dampdiffusivitet som funktion af relativ fugtighed fås ved multiplikation af materialeprøvens tykkelse med hældningskoefficienten.

På basis af kopresultater for materialet puds fra LBM-serie 61, der er vedlagt som Appendix A, gennemregnes den svenske metode sidst i rapporten.

## 2. KOPMETODEN

Et materiales dampdiffusivitet  $\delta_p$  [kg/(Pa·s·m)] bestemmes ved kopmetoden /2/, /3/, /4/ og /5/. Princippet i kopmetoden er at måle materialets diffusionsmodstandstal  $Z_p$  [Pa·s·m<sup>2</sup>/kg] ved registrering af sammenhørende værdier af tid og vægtændring for kopper med det pågældende materiale. Med kendskab til hældningen af vægtændringskurven  $a$  [kg/s] kan  $Z_p$  beregnes af (2.1) :

$$Z_p = A \cdot dp/a \quad (2.1)$$

Hvor  $A$  er det eksponerede areal af materialeprøven i koppen [m<sup>2</sup>]. For LBM's kopper er  $A = 5 \cdot 10^{-3}$  m<sup>2</sup>

$dp$  er damptryksforskellen over materialeprøven [Pa], jvf. (3.4).

Sammenhængen mellem diffusionsmodstandstal  $Z_p$  og dampdiffusivitet  $\delta_p$  er følgende :

$$\delta_p = L/Z_p \quad (2.2)$$

Hvor  $L$  er materialeprøvens tykkelse [m].

I det følgende er fugtstrøm pr. arealenhed benævnt med ordet flow. Flowet  $F$  [kg/(s·m<sup>2</sup>)] beregnes ved :

$$F = a/A \quad (2.3)$$

Måleresultaterne fra kopforsøg behandles v.h.a. LBM's kopanalyseprogram /6/ og /7/. Kopanalyseprogrammet korrigerer måleresultaterne m.h.t. luftlagstykkelse og masked-edge-effekt. Endvidere beregner kopanalyseprogrammet den relative fugtighed på materialeprøvernes under- og overside ( $RF_1$ ,  $RF_2$ ). I Appendix A er vist et eksempel på en koprapport. Det er måleresultater korrigeret for luftlagstykkelse og masked-edge-effekt, der anvendes i det følgende.

### 3. DEN SVENSK METODE

Til bestemmelse af dampdiffusivitetsafhængighed af vanddamptrykket i et materiale benyttes en svensk beregningsmetode [1]. Metoden antager, at vanddamptrykket i en materialeprøve er vanddamptrykket på prøvens underside, d.v.s. på prøvens overflade mod koppen.

"Rådata" til beregning med den svenske metode fås fra kopforsøg. For at bestemme et materials dampdiffusivitet som funktion af vanddamptryk kræves resultater fra kopper med mindst 5 forskellige fugtigheder i kopperne. I denne rapport anvendes resultater fra kopper med 75, 85, 93, 97 og 100 % RF i kopperne og med 50 % RF i prøvekammeret.

Vanddamptrykket på materialeprøvens under- og overside  $p_1$  og  $p_2$  [Pa] beregnes ud fra den relative fugtighed  $RF_1$  og  $RF_2$  [% RF] på materialeprøvens under- og overside ved (3.1) :

$$p_1 = RF_1 \cdot p_s \cdot 10^{-2} \text{ og } p_2 = RF_2 \cdot p_s \cdot 10^{-2} \quad (3.1)$$

Hvor  $p_s$  er mætningsdamptrykket ved prøvekammerets temperatur [Pa].

Mætningsdamptrykket  $p_s$  i prøvekammeret bestemmes ud fra kammerets temperatur  $T$  [K], jvf. koprapport i Appendix A :

$$p_s = \exp(23.5771 - (4042.9/(T - 37.58))) \quad (3.2)$$

Da hældningen af vægtændringskurven ikke beregnes i kopanalyseprogrammet, beregnes det korigerede flow  $F$  [kg/(s·m<sup>2</sup>)] på følgende måde, jvf. koprapport i Appendix A :

$$F = dp/Z_p = dp \cdot \delta_p / L \quad (3.3)$$

Hvor  $Z_p$  er materialeprøvens korigerede fugttmodstandstal [Pa·s·m<sup>2</sup>/kg]

$\delta_p$  er materialeprøvens korigerede dampdiffusivitet [kg/(Pa·s·m)]

$L$  er materialeprøvens tykkelse [m]

$dp$  er damptryksforskellen over materialeprøven [Pa].

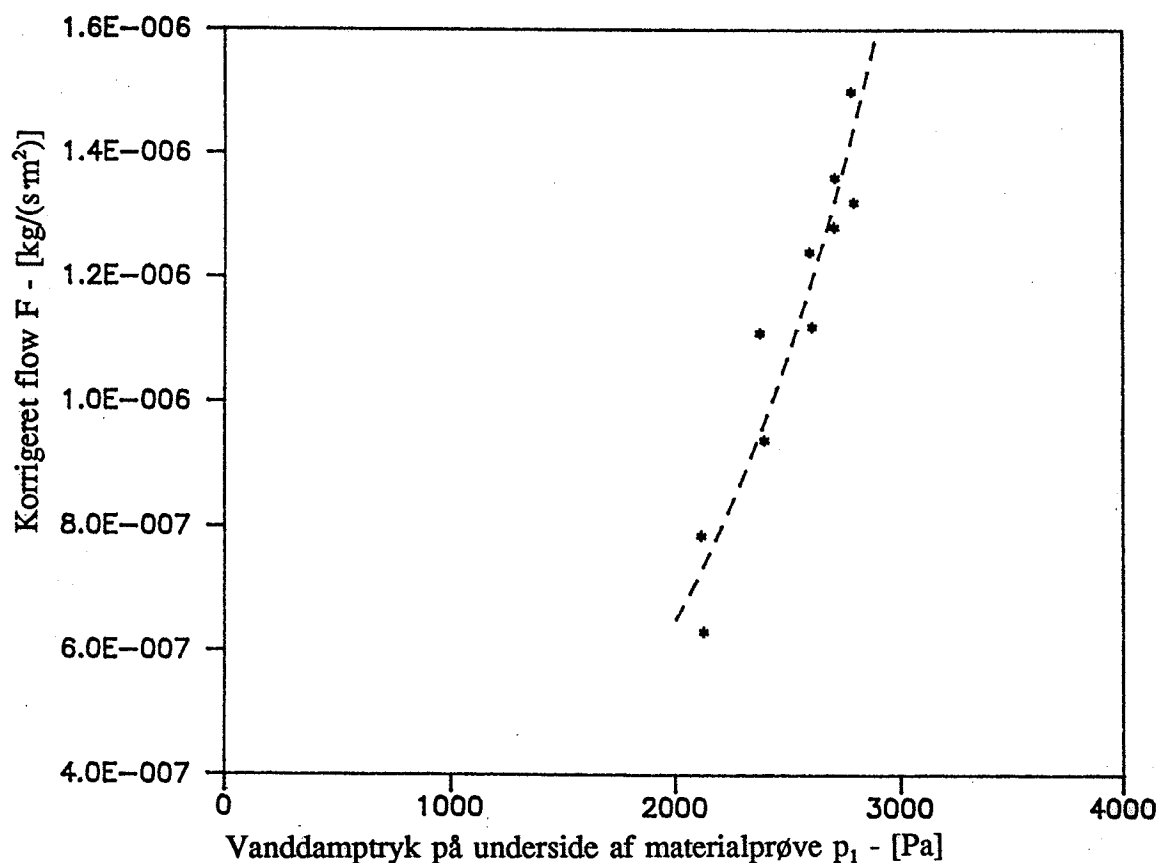
Damptryksforskellen over materialeprøven  $dp$  beregnes ved (3.4) :

$$dp = p_1 - p_2 \quad (3.4)$$

Sammenhængen mellem det korrigerede flow og vanddamtrykket beskrives v.h.a. grafikprogrammet GRAPHER med et matematisk funktionsudtryk. Det er vigtigt, at funktionsudtrykket beskriver resultaterne godt. For materialet puds har det vist sig at være en exponentialfunktion, som giver den bedste beskrivelse af resultaterne, jvf. figur 3.1. Den fundne exponentialfunktion har følgende udseende :

$$F = 8.73 \cdot 10^{-8} \exp(1.00 \cdot 10^{-3} p_1) \quad (3.5)$$

I figur 3.1 er det målte korrigerede flow  $F$  for materialet puds afbildet som funktion af vanddamtrykket  $p_1$  på materialeprøvens underside.



Figur 3.1. *Korrigeret flow som funktion af vanddamtryk for materialet puds.*

Ud fra (3.5) kan hældningskoefficienten  $\alpha$  [kg/(Pa·s·m²)] i ethvert punkt på den stiplede kurve i figur 3.1 bestemmes ved differentiering, idet  $F'(p_1) = \alpha(p_1)$ . Det differentierede funktionsudtryk har følgende udseende :

$$\alpha = 8.73 \cdot 10^{-11} \exp(1.01 \cdot 10^{-3} p_1) \quad (3.6)$$

Hvis det ikke er muligt at beskrive resultaterne ved et matematisk funktionsudtryk kan hældningskoefficienten i stedet findes grafisk. Den bedste kurve gennem punkterne i en figur svarende til figur 3.1 optegnes, og hældningskoefficienten beregnes derefter på almindelig grafisk vis.

Materialets dampdiffusivitet  $\delta$  [kg/(Pa·s·m)] er givet ved (3.7) :

$$\delta = \alpha \cdot L \quad (3.7)$$

Dermed kan sammenhørende værdier af den relative fugtighed under materialeprøven  $RF_1$  og materialeprøvens dampdiffusivitet  $\delta$  beregnes, idet (3.6) og (3.7) giver h.h.v.  $\alpha$  og  $\delta$ . Det bør bemærkes, at hvis det ikke er muligt at beskrive resultaterne i figur 3.1 med et matematisk funktionsudtryk, eksisterer (3.6) ikke, og  $\alpha$  eksisterer derfor kun som grafisk fundne talværdier.

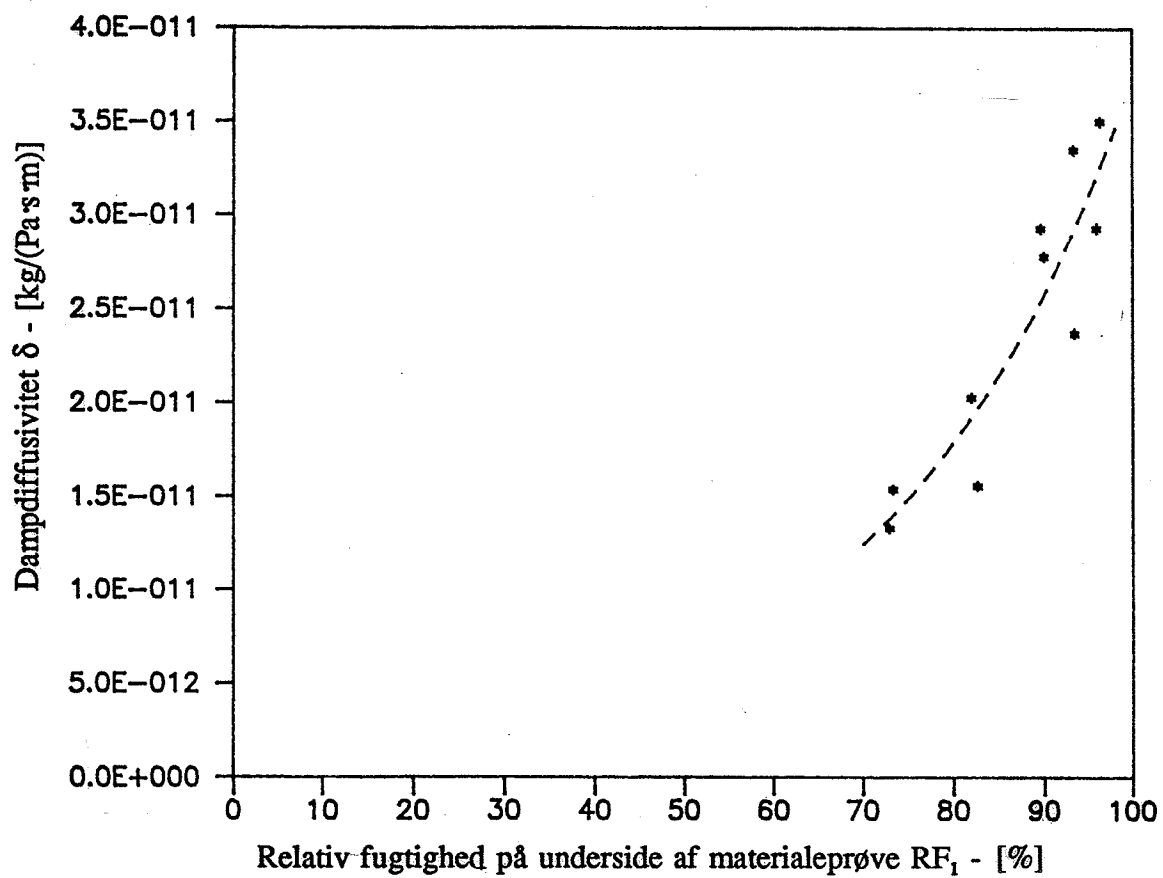
For materialet puds har det været muligt at opstille et matematisk funktionsudtryk til beskrivelse af resultaterne, jvf. (3.5) og (3.6). Dette medfører, at udtryk (3.8), som beskriver sammenhængen mellem dampdiffusivitet og relativ fugtighed, kan opstilles ved indsættelse af (3.1) og (3.7) i (3.6) :

$$\delta = 8.73 \cdot 10^{-11} \cdot L \cdot \exp(1.01 \cdot 10^{-5} \cdot p_s \cdot RF_1) \quad (3.8)$$

I figur 3.2 på næste side er dampdiffusiviteten  $\delta$  for materialet puds afbildet som funktion af den relative fugtighed  $RF_1$  under materialeprøven.

Funktionsudtryk (3.8) angiver dampdiffusiviteten  $\delta$  som funktion af 2 parametre - materialeprøvens tykkelse  $L$  og den relative fugtighed under materialeprøven  $RF_1$ . Har alle materialeprøver ved kopforsøgene samme tykkelse kan (3.8) forsimples yderligere således, at dampdiffusiviteten direkte kan beskrives med en kurve i en figur, hvor  $\delta$  er afbildet som funktion af  $RF_1$ . Er materialeprøvernes tykkelser som her derimod forskellige, vil der udfra (3.8) kun kunne beregnes enkelte punkter (værdier). Et punkt kan beregnes for hver kombination af  $L$  og  $RF_1$ , som har været repræsenteret ved hvert kopforsøg. Eventuelt kan der derefter v.h.a. grafikprogrammet GRAPHER fittes et matematisk udtryk til beskrivelse af punkterne. Den stiplede kurve i figur 3.2 er således fittet v.h.a. GRAPHER ud fra de optegnede punkter i figur 3.2. Det fittede udtryk er eksponentielt og har følgende udseende :

$$\delta = 9.61 \cdot 10^{-13} \cdot \exp(3.66 \cdot 10^{-2} \cdot RF_1) \quad (3.9)$$



Figur 3.2. *Dampdiffusivitet som funktion af relativ fugtighed for materialet puds.*

## 4. BEREGNINGSEKSEMPEL

I Appendix A er vedlagt koprapporten fra LBM-serie 61 med resultater fra kopforsøg med materialet puds. I tabel 4.1 er angivet placeringen af de resultater i Appendix A, som ved den svenske metode anvendes til bestemmelse af dampdiffusivitetsafhængighed af den relative fugtighed.

| RESULTATER                            | Side nr. | Søjle nr. |
|---------------------------------------|----------|-----------|
| Relativ fugtighed under prøve; $RF_1$ | 4        | 8         |
| Relativ fugtighed over prøve; $RF_2$  | 4        | 7         |
| Diffusionsmodstand; $Z_p$             | 6        | 5         |
| Dampdiffusivitet; $\delta_p$          | 6        | 7         |

Tabel 4.1. *Placering af anvendte resultater i koprapporten i Appendix A.*

Ud fra (3.1) omregnes de registrerede relative fugtigheder  $RF_1$  og  $RF_2$  h.h.v. under og over hver pudsprøve til vanddamptryk  $p_1$  og  $p_2$ , jvf. tabel 4.2. Prøvekammerets temperatur var under kopforsøget 23.5°C, der ifølge (3.2) medfører et mætningsdamptryk på 2898 Pa.

| Kop nr. | Relativ fugtighed under prøve; $RF_1$ | Relativ fugtighed over prøve; $RF_2$ | Vanddamptryk under prøve; $p_1$ | Vanddamptryk over prøve; $p_2$ | Damptryksforskelle; $\Delta p$ |
|---------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|         | [%]                                   | [%]                                  | [Pa]                            | [Pa]                           | [Pa]                           |
| 1       | 72.9                                  | 49.8                                 | 2112.6                          | 1443.2                         | 669.4                          |
| 2       | 73.3                                  | 49.7                                 | 2124.2                          | 1440.3                         | 683.9                          |
| 3       | 82.6                                  | 49.8                                 | 2393.7                          | 1443.2                         | 950.5                          |
| 4       | 81.9                                  | 49.9                                 | 2373.5                          | 1446.1                         | 927.4                          |
| 5       | 89.9                                  | 49.9                                 | 2605.3                          | 1446.1                         | 1159.2                         |
| 6       | 89.5                                  | 50.0                                 | 2593.7                          | 1449.0                         | 1144.7                         |
| 7       | 93.4                                  | 50.0                                 | 2706.7                          | 1449.0                         | 1457.7                         |
| 8       | 93.3                                  | 50.1                                 | 2703.8                          | 1451.9                         | 1251.9                         |
| 9       | 96.3                                  | 50.1                                 | 2790.8                          | 1451.9                         | 1338.9                         |
| 10      | 95.9                                  | 50.1                                 | 2779.2                          | 1451.9                         | 1327.3                         |

Tabel 4.2. *Vanddamptryk på underside af prøver fra kopforsøg med materialet puds.*

De målte og beregnede trykværdier for hver kop er angivet i tabel 4.2 sammen med den beregnede damptryksforskel  $\Delta p$  over de enkelte pudsprøver.

Derefter beregnes det korrigerede flow  $F$  v.h.a. (3.3). Det korrigerede flow kan enten beregnes på baggrund af det korrigerede fugtmodstandstal  $Z_p$  eller den korrigerede dampdiffusivitet  $\delta_p$ . I tabel 4.3 er de beregnede talværdier for det korrigerede flow for hver pudsprøve angivet.

Sammenhængen mellem det korrigerede flow og vanddamptrykket under pudsprøverne er optegnet i figur 3.1. Sammenhængen beskrives godt med en exponentialfunktion, jvf. den stiplede kurve i figur 3.1. Exponentialfunktionens udseende er angivet i (3.5).

| Kop nr. | Damptryksforskel;<br>$\Delta p$ | Korrigeret fugtmodstandstal;<br>$Z_p$ | Korrigeret flow;<br>$F$  |
|---------|---------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|
|         | [Pa]                            | [Pa·s·m <sup>2</sup> /kg]             | [kg/(s·m <sup>2</sup> )] |
| 1       | 669.4                           | $0.85 \cdot 10^9$                     | $7.88 \cdot 10^{-7}$     |
| 2       | 683.9                           | $1.08 \cdot 10^9$                     | $6.33 \cdot 10^{-7}$     |
| 3       | 950.5                           | $1.01 \cdot 10^9$                     | $9.41 \cdot 10^{-7}$     |
| 4       | 927.4                           | $0.83 \cdot 10^9$                     | $1.12 \cdot 10^{-6}$     |
| 5       | 1159.2                          | $1.04 \cdot 10^9$                     | $1.11 \cdot 10^{-6}$     |
| 6       | 1144.7                          | $0.92 \cdot 10^9$                     | $1.24 \cdot 10^{-6}$     |
| 7       | 1257.7                          | $0.93 \cdot 10^9$                     | $1.35 \cdot 10^{-6}$     |
| 8       | 1251.9                          | $0.98 \cdot 10^9$                     | $1.28 \cdot 10^{-6}$     |
| 9       | 1338.9                          | $1.02 \cdot 10^9$                     | $1.31 \cdot 10^{-6}$     |
| 10      | 1327.3                          | $0.88 \cdot 10^9$                     | $1.51 \cdot 10^{-6}$     |

Tabel 4.3. *Beregning af det korrigerede flow for materialet puds.*

Hælningskoefficienten  $\alpha$  skal derefter beregnes i hvert punkt på den stiplede kurve i figur 3.1. For materialet puds kan  $\alpha$  beregnes ud fra (3.6), fordi det korrigerede flow kan beskrives med det matematiske funktionsudtryk (3.5). Når hælningskoefficienten er bestemt for de relative fugtigheder under materialeprøverne kan dampdiffusiviteten bestemmes v.h.a. (3.6) og (3.7). Beregningsresultaterne er angivet i tabel 4.4.

Sammenhængen mellem dampdiffusivitet og den relative fugtighed på pudsprøvernes underside er optegnet i figur 3.2. Den stiplede kurve i figur 3.2 er fittet ud fra de optegnede punkter i figuren. Det fittede funktionsudtryk er angivet i (3.9).

| Kop nr. | Tykkelse af prøve; L | Relativ fugtighed under prøve; RF <sub>1</sub> | Hældningskoefficient; $\alpha$ | Dampdiffusivitet; $\delta$ |
|---------|----------------------|------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
|         | [m]                  | [%]                                            | [kg/(Pa·s·m <sup>2</sup> )]    | [kg/(Pa·s·m)]              |
| 1       | 0.01813              | 72.9                                           | $7.22 \cdot 10^{-10}$          | $1.31 \cdot 10^{-11}$      |
| 2       | 0.02081              | 73.3                                           | $7.30 \cdot 10^{-10}$          | $1.52 \cdot 10^{-11}$      |
| 3       | 0.01608              | 82.6                                           | $9.56 \cdot 10^{-10}$          | $1.54 \cdot 10^{-11}$      |
| 4       | 0.02138              | 81.9                                           | $9.37 \cdot 10^{-10}$          | $2.00 \cdot 10^{-11}$      |
| 5       | 0.02314              | 89.9                                           | $1.18 \cdot 10^{-9}$           | $2.73 \cdot 10^{-11}$      |
| 6       | 0.02474              | 89.5                                           | $1.17 \cdot 10^{-9}$           | $2.89 \cdot 10^{-11}$      |
| 7       | 0.01787              | 93.4                                           | $1.31 \cdot 10^{-9}$           | $2.34 \cdot 10^{-11}$      |
| 8       | 0.02530              | 93.3                                           | $1.30 \cdot 10^{-9}$           | $3.30 \cdot 10^{-11}$      |
| 9       | 0.02425              | 96.3                                           | $1.42 \cdot 10^{-9}$           | $3.45 \cdot 10^{-11}$      |
| 10      | 0.02053              | 95.9                                           | $1.41 \cdot 10^{-9}$           | $2.89 \cdot 10^{-11}$      |

Tabel 4.4. *Beregning af dampdiffusivitet for materialet puds.*

## 5. SAMMENFATNING

Denne rapport beskriver en metode til bestemmelse af dampdiffusivitets afhængighed af relativ fugtighed for et materiale. Metoden er udviklet af svenskeren Lars-Olof Nilsson fra Tekniska Högskolan i Lund, Sverige.

"Rådata" til beregning med den svenske metode fås fra kopforsøg. For at bestemme at et materiales dampdiffusivitet som funktion af vanddamptryk kræves kopresultater for kopper med mindst 5 forskellige fugtigheder i kopperne.

I kapitel 2 gennemgås kopmetoden kort, mens kapitel 3 omhandler beregningsgrundlaget for den svenske metode. Ved den svenske metode bestemmes først sammenhængen mellem det korrigerede flow og vanddamptryk på materialeprøvernes underside. Denne sammenhæng beskrives med et matematisk funktionsudtryk. Ved differentiering af dette funktionsudtryk kan hældningskoefficienten for enhver værdi af vanddamptrykket på materialeprøvernes underside findes. Materialets dampdiffusivitet som funktion af relativ fugtighed fås dernæst ved multiplikation af materialeprøvernes tykkelser med de tilhørende hældningskoefficienter.

Endelig gennemregnes i kapitel 4 et eksempel ud fra kopresultater for materialet puds fra LBM-serie 61. Kopresultaterne for puds er vedlagt i Appendix A.

## 6. REFERENCELISTE

- /1/ Nilsson, L.-O., "Fuktproblem vid betonggolv". Rapport TVBM-3002, Tekniska Högskolan i Lund, Avdelningen för Byggnadsmateriellära, Lund, Sverige, 1977.
- /2/ Kielsgaard Hansen, K., "Equipment for and Results of Water Vapour Transmission Tests using Cup Methods". Proceedings of the ICHMT Symposium on Heat and Mass Transfer in Building Materials and Structures, Dubrovnik, Yugoslavia, September 4-8, 1989.
- /3/ West, G.P. og Kielsgaard Hansen, K., "Kopudstyr til måling af fugttransport". Teknisk Rapport 179/88, Danmarks Tekniske Højskole, Laboratoriet for Bygningsmaterialer, Lyngby, Danmark, 1988.
- /4/ Kielsgaard Hansen, K. og Lund, H.B., "Cup Method for Determination of Water Vapour Transmission Properties of Building Materials. Sources of Uncertainty in the Method". Proceedings of 2nd Symposium on Building Physics in the Nordic Countries, Trondheim, Norway, August 20-22, 1990. ISBM 82-519-0941-4, Tapir Publishers 1990.
- /5/ Bredahl Nielsen, C., "Fejlkorrektion ved kopmålinger". Teknisk Rapport 259/92, Danmarks Tekniske Højskole, Laboratoriet for Bygningsmaterialer, Lyngby, Danmark, 1992.
- /6/ West, G.P. og Kielsgaard Hansen, K., "KOPANALYSE. Program til analyse af måleresultater opsamlet i KOP-udstyr". Teknisk Rapport 191/88, Danmarks Tekniske Højskole, Laboratoriet for Bygningsmaterialer, Lyngby, Danmark, 1988.
- /7/ Mullit, P., "KOPANALYSE, version 2. Program til analyse af måleresultater opsamlet i kopudstyr". Teknisk Rapport xxx/92, Danmarks Tekniske Højskole, Laboratoriet for Bygningsmaterialer, Lyngby, Danmark, 1992.

# APPENDIX A

Koprapport for materialet puds

19.FEB.1993

## RESULTAT AF KOPMÅLINGER

Rekvirent : Eduard Troelsgård - Rådgivende Ingeniører A/S  
Kontaktperson : Svend Jakobsen

Prøveleder : Jette Brunnstrøm

Udført af: Britta Roll

Prøveperiode : Januar 1993

LBM-serienummer: 61

Prøvekammer : 23.5°C, 49.3 %RH v\_luft: 2.1 m/s  
Det angivne klima i prøvekammeret er middelværdi for hele prøveperioden.

Effektivt prøveareal:  $A = 5000 \text{ mm}^2$

Fugtmodstandstal

$$Z_p = A \cdot dp / \alpha \quad (\text{Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^2 / \text{kg})$$

dp: Damptryksforskel over prøveemne.  
 $\alpha$  : Hældningen af vægtændringskurven.

$$Z_c = Z_p \cdot 7.3 \cdot 10^{-6} \quad (\text{s/m})$$

Diffusivitet

$$\delta_p = 1 / Z_p \quad (\text{kg} / \text{Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{m})$$

$$D_c = 462 \cdot T \cdot \delta_p \quad (\text{m}^2 / \text{s})$$

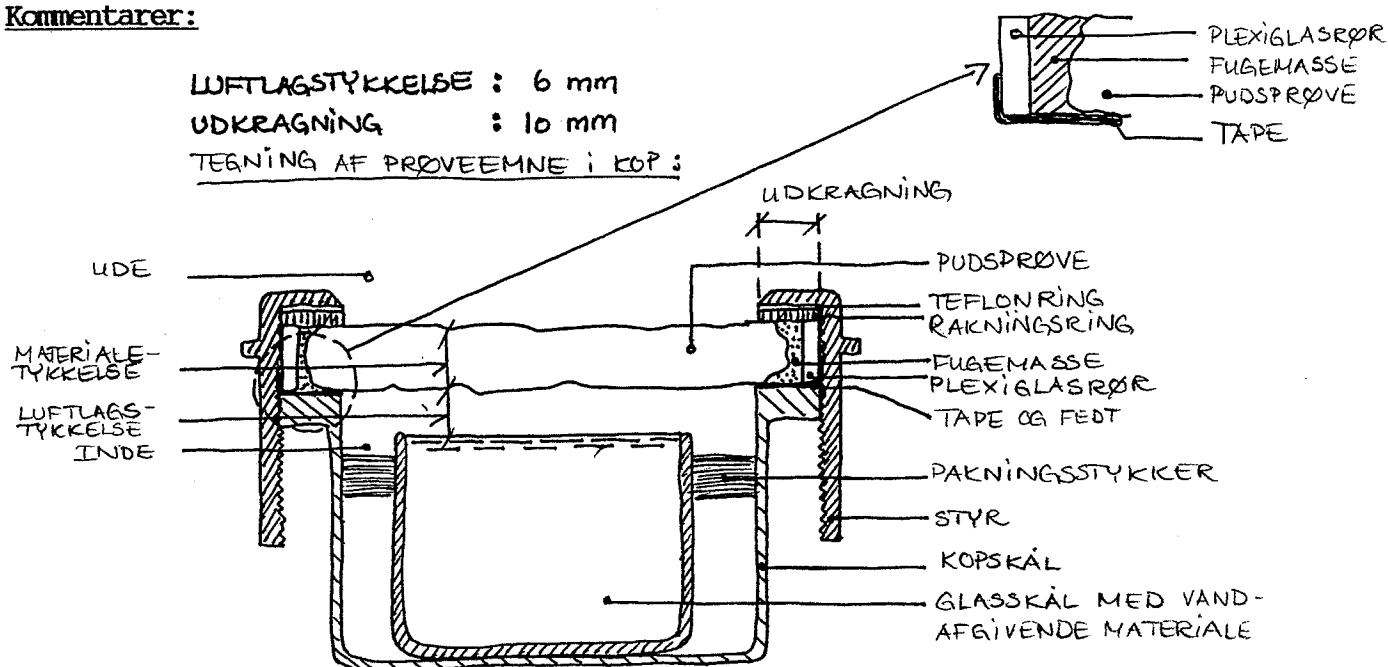
l : Prøvelegemets tykkelse.  
T : Temperatur i Kelvin.

Kommentarer:

LUFTLAGSTYKKELSE : 6 mm

UDKRAGNING : 10 mm

TEGNING AF PRØVEEMNE I KOP :



Prøveleders underskrift:

*Jette Brunnstrøm*  
Jette Brunnstrøm

2

19.FEB.1993

=====

RESULTAT AF KOPMÅLINGER

=====

Prøveperiode: Januar 1993

LBM-serienummer: 61

Prøvekammer : 23.5°C, 49.3 %RH

v\_luft: 2.1 m/s

| Kop | Prøveemne | Tykkelse | RH<br>i kop | Modstand                                |                     | Diffusivitet                  |                                      |
|-----|-----------|----------|-------------|-----------------------------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
|     |           | l        |             | Zp                                      | Zc                  | δp                            | Dc                                   |
|     |           | mm       | %           | $\cdot 10^9$<br>Pa·s·m <sup>2</sup> /kg | $\cdot 10^3$<br>s/m | $\cdot 10^{-12}$<br>kg/Pa·s·m | $\cdot 10^{-6}$<br>m <sup>2</sup> /s |
| 1   | Puds      | 18.13    | 75          | 0.72                                    | 5.22                | 25.3475                       | 3.4741                               |
| 2   | Puds      | 20.81    | 75          | 0.88                                    | 6.41                | 23.7101                       | 3.2497                               |
| 3   | Puds      | 16.08    | 85          | 0.87                                    | 6.32                | 18.5877                       | 2.5476                               |
| 4   | Puds      | 21.38    | 85          | 0.68                                    | 4.93                | 31.6549                       | 4.3386                               |
| 5   | Puds      | 23.14    | 93          | 0.82                                    | 6.01                | 28.1215                       | 3.8543                               |
| 6   | Puds      | 24.74    | 93          | 0.72                                    | 5.28                | 34.2201                       | 4.6902                               |
| 7   | Puds      | 17.87    | 97          | 0.78                                    | 5.67                | 23.0093                       | 3.1537                               |
| 8   | Puds      | 25.30    | 97          | 0.76                                    | 5.54                | 33.3492                       | 4.5708                               |
| 9   | Puds      | 24.25    | 100         | 0.80                                    | 5.82                | 30.4222                       | 4.1697                               |
| 10  | Puds      | 20.53    | 100         | 0.72                                    | 5.26                | 28.4714                       | 3.9023                               |

Et nul for Zp, Zc, δp og Dc angiver, at disse ikke er beregnet.

Bemærkninger:

Z<sub>p</sub> og øvrige værdier er uden korrektioner.

19.FEB.1993

=====

RESULTAT AF KOPMÅLINGER

=====

Prøveperiode: Januar 1993

LBM-serienummer: 61

Prøvekammer : 23.5°C, 49.3 %RH

v\_luft: 2.1 m/s

| Kop | Prøveemne | Tykkelse | RH<br>i kop | Modstand                                |                     | RH over<br>materialeprøve | RH under |
|-----|-----------|----------|-------------|-----------------------------------------|---------------------|---------------------------|----------|
|     |           | l        |             | Zp                                      | Zc                  |                           |          |
|     |           | mm       | %           | $\cdot 10^9$<br>Pa·s·m <sup>2</sup> /kg | $\cdot 10^3$<br>s/m | %                         | %        |
| 1   | Puds      | 18.13    | 75          | 0.68                                    | 4.98                | 49.8                      | 72.9     |
| 2   | Puds      | 20.81    | 75          | 0.85                                    | 6.17                | 49.7                      | 73.3     |
| 3   | Puds      | 16.08    | 85          | 0.83                                    | 6.08                | 49.8                      | 82.6     |
| 4   | Puds      | 21.38    | 85          | 0.64                                    | 4.69                | 49.9                      | 81.9     |
| 5   | Puds      | 23.14    | 93          | 0.79                                    | 5.77                | 49.9                      | 89.9     |
| 6   | Puds      | 24.74    | 93          | 0.69                                    | 5.04                | 50.0                      | 89.5     |
| 7   | Puds      | 17.87    | 97          | 0.74                                    | 5.43                | 50.0                      | 93.4     |
| 8   | Puds      | 25.30    | 97          | 0.73                                    | 5.30                | 50.1                      | 93.3     |
| 9   | Puds      | 24.25    | 100         | 0.76                                    | 5.58                | 50.1                      | 96.3     |
| 10  | Puds      | 20.53    | 100         | 0.69                                    | 5.03                | 50.1                      | 95.9     |

Et nul for Zp og Zc angiver, at disse ikke er beregnet.

Bemærkninger:

Zp og Zc er korrigeret for Luftlagstykkelse.

19.FEB.1993

=====

RESULTAT AF KOPMÅLINGER

=====

Prøveperiode: Januar 1993

LBM-serienummer: 61

Prøvechamber : 23.5°C, 49.3 %RH

v\_luft: 2.1 m/s

| Kop | Prøveemne | Tykkelse | RH<br>i kop | Modstand                                |                     | Diffusivitet                  |                                      |
|-----|-----------|----------|-------------|-----------------------------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
|     |           | l        |             | Zp                                      | Zc                  | δp                            | Dc                                   |
|     |           | mm       | %           | $\cdot 10^9$<br>Pa·s·m <sup>2</sup> /kg | $\cdot 10^3$<br>s/m | $\cdot 10^{-12}$<br>kg/Pa·s·m | $\cdot 10^{-6}$<br>m <sup>2</sup> /s |
| 1   | Puds      | 18.13    | 75          | 0.88                                    | 6.46                | 20.4893                       | 2.8083                               |
| 2   | Puds      | 20.81    | 75          | 1.12                                    | 8.16                | 18.6272                       | 2.5530                               |
| 3   | Puds      | 16.08    | 85          | 1.05                                    | 7.63                | 15.3761                       | 2.1074                               |
| 4   | Puds      | 21.38    | 85          | 0.86                                    | 6.31                | 24.7250                       | 3.3888                               |
| 5   | Puds      | 23.14    | 93          | 1.07                                    | 7.82                | 21.5883                       | 2.9589                               |
| 6   | Puds      | 24.74    | 93          | 0.96                                    | 6.98                | 25.8804                       | 3.5472                               |
| 7   | Puds      | 17.87    | 97          | 0.96                                    | 6.99                | 18.6528                       | 2.5565                               |
| 8   | Puds      | 25.30    | 97          | 1.01                                    | 7.36                | 25.0947                       | 3.4395                               |
| 9   | Puds      | 24.25    | 100         | 1.05                                    | 7.66                | 23.1118                       | 3.1677                               |
| 10  | Puds      | 20.53    | 100         | 0.92                                    | 6.68                | 22.4324                       | 3.0746                               |

Et nul for Zp, Zc, δp og Dc angiver, at disse ikke er beregnet.

Bemærkninger:

Zp og øvrige værdier er korrigeret for **Masked-Edge-Effekt**.

19.FEB.1993

=====

RESULTAT AF KOPMÅLINGER

=====

Prøveperiode: Januar 1993

LBM-serienummer: 61

Prøvekammer : 23.5°C, 49.3 %RH

v\_luft: 2.1 m/s

| Kop | Prøveemne | Tykkelse | RH<br>i kop | Modstand                                |                     | Diffusivitet                  |                                      |
|-----|-----------|----------|-------------|-----------------------------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
|     |           |          |             | Zp                                      | Zc                  | δp                            | Dc                                   |
|     |           | l        |             | $\cdot 10^9$<br>Pa·s·m <sup>2</sup> /kg | $\cdot 10^3$<br>s/m | $\cdot 10^{-12}$<br>kg/Pa·s·m | $\cdot 10^{-6}$<br>m <sup>2</sup> /s |
|     |           | mm       | %           |                                         |                     |                               |                                      |
| 1   | Puds      | 18.13    | 75          | 0.85                                    | 6.22                | 21.2689                       | 2.9151                               |
| 2   | Puds      | 20.81    | 75          | 1.08                                    | 7.92                | 19.1841                       | 2.6294                               |
| 3   | Puds      | 16.08    | 85          | 1.01                                    | 7.40                | 15.8682                       | 2.1749                               |
| 4   | Puds      | 21.38    | 85          | 0.83                                    | 6.08                | 25.6885                       | 3.5209                               |
| 5   | Puds      | 23.14    | 93          | 1.04                                    | 7.59                | 22.2619                       | 3.0512                               |
| 6   | Puds      | 24.74    | 93          | 0.92                                    | 6.74                | 26.7893                       | 3.6717                               |
| 7   | Puds      | 17.87    | 97          | 0.93                                    | 6.76                | 19.3064                       | 2.6461                               |
| 8   | Puds      | 25.30    | 97          | 0.98                                    | 7.12                | 25.9288                       | 3.5538                               |
| 9   | Puds      | 24.25    | 100         | 1.02                                    | 7.42                | 23.8490                       | 3.2687                               |
| 10  | Puds      | 20.53    | 100         | 0.88                                    | 6.44                | 23.2565                       | 3.1875                               |

Et nul for Zp, Zc, δp og Dc angiver, at disse ikke er beregnet.

Bemærkninger:

Zp og øvrige værdier er korrigeret for **Luftlagstykkelse**  
 og **Masked-Edge-Effekt**.