

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
Norwegian Geotechnical Institute

Intern rapport.

Bestemmelse av luftpermeabi-
liteten i snø.

Karl Fischer

58102-1

3. april 1974

FORSKNINGSVEIEN 1, OSLO 3 — TLF. 69 58 80

Bestemmelse av luftpermeabiliteten i snø.

INNLEDNING

Snøens mekaniske egenskaper er vanskelige å bestemme. La oss f. eks. ta begrepet styrke: "Styrken av snøen nåes straks et pålagt stress ødelegger deler av den opprinnelige struktur". Slik styrken her er definert kommer det klart fram hvor viktig det er å få en klar begrepsbetegnelse for snøstrukturen. Det ville være hensiktsmessig å komme fram til en målbar parameter for snøens struktur. Da kunne arbeidet med å klarlegge snøens mekaniske egenskaper gjøres lettere.

Rheologisk er snø å betrakte som en sol, iskorn er dispergert i to dispersjonsmedier (Salm 1971):

- 1) Luft og vanndamp i porerommene
- 2) Et tynt kvasi-væskelag som danner kontakten mellom iskornene

Ved utforskning av snøens mekaniske egenskaper er det således viktig å være klar over de forandringer av snøen som finner sted i løpet av forsøket:

- A) Snøens struktur forandres som en følge av det stress den blir utsatt for.
- B) Snøens struktur forandres kontinuerlig p.g.a. metamorfose-prosessene. Disse prosessene omfatter sintring, og alle de transportfenomenene som foregår mellom iskornene og luft/vanndamp - systemet i porerummet.

En metode som kan anvendes til studie av snøstrukturen er luftpermeabiliteten i snø. Luftpermeabilitet i snø angis som en hastighet og beskriver hvor fort luft beveger seg gjennom snøen. Den tilstand som snøen befinner seg i, som en følge av prosessene und-

er punkt A og B kan således beskrives ved luftpermeabiliteten. Permeabiliteten vil således være en parameter av betydning for beskrivelse av snøens styrke og et redskap for klassifisering av snø av ulike typer (Martinelli 1971).

TEORI

Permeabilitetskoeffisienten K kan defineres slik:

$$K = \frac{V \cdot l}{\left(\frac{n}{100}\right) \cdot t \cdot A \cdot \Delta p} = \frac{Q \cdot l \cdot 100\%}{t \cdot A \cdot \Delta p \cdot n} \quad (I)$$

$\frac{V}{t} = Q =$ Volumet av luft som presses gjennom snøprøven pr. sek;
 $\text{cm}^3 \text{ sek}^{-1}$.

A = Arealet av prøven loddrett på luftretningen; cm^2 .
A = 26.4 cm^2

Δp = Trykkdifferensen, cm vannhøyde

n = Porøsiteten av snøen. %/o. Bestemmes fra tabell over tettheter, γ_s (Se tabell side 12)

l = Lengden av snøprøven, cm. l = 18.9 cm

K = Permeabilitetskoeffisienten, $\text{cm}^2 \text{ sek}^{-1} (\text{cm vannhøyde})^{-1}$

Beskrivelse av apparatets virkemåte

På figur 1 er vist apparatet som brukes for å bestemme luftpermeabiliteten. Det fungerer på følgende vis:

Tiden (t) det tar å presse et gitt volum luft (v) gjennom snøprøven måles med stoppeklokke. Det konstante vanntrykket i manometeret (Δp) avleses mens luften presses gjennom prøven.

Arealet av prøven loddrett på luftretningen (A) og lengden av prøven (l) er kjente. A = 26.4 cm^2 , l = 18.9 cm. Porøsiteten n fås

24/5-74

fra tabell I side 12, når tettheten γ_s er bestemt.
Permeabiliteten K på grunnlag av likning I kan nå beregnes.
Konstruksjonen av apparatet er basert på de Quervain (1945).

Arbeidsprosedyre for bruk av luftpermeabilitetsmåler.

1. Prøven taes med et spesielt snøprøverør (se bilde 1). Volum 0.50 l. NB. Ordinære prøverør til bestemmelse av tettheten passer ikke i apparatet.
2. Tettheten bestemmes som romvekt ved veiing av prøver med en kalibrert Pesola fjærvekt (0-300 g). (Se bilde 1, 2, og 3). Porøsiteten n bestemmes fra Tabell 1. Deretter settes gummi-korken på røret (se bilde 1).
3. Prøven transporteres forsiktig til laboratoriet og monteres forsiktig i apparatet (se bilde 4).
4. Hanen på luftbeholderen åpnes (punkt 11, fig. 1) og beholderen heves ved å trykke ned motvektene (punkt 6, fig. 1). Det lastes opp med lodd slik at når hanen (punkt 11, fig. 1) lukkes, vil beholderen gli nedover med sakte jevn fart. (Se bilde 5).

Hastigheter:

For finkornet snø: $\bar{v} = 0.4 \text{ l sek.}^{-1}$

For middelskornet snø: $\bar{v} = 0.15 \text{ l sek.}^{-1}$

For grovkornet snø: $\bar{v} = 0.06 \text{ l sek.}^{-1}$

5. Under et forsøk skal hanen til manometeret (punkt 12, fig. 1) være åpen slik at høyden av vannsøylen Δp kan avleses.
6. Med stoppeklokke taes tiden, t mellom to punkter på skalaen, $V = V_2 - V_1$
7. For å bestemme den reelle tid, t_R for gjennompressingen av volumet V må tiden taes uten prøve i apparatet t_0 . Den reelle tiden blir da: $t_R = t - t_0$

8. Måleresultater føres på skjema vist på side 13. Luftpermeabiliteten kan nå beregnes:

$$K = \frac{V \cdot l \cdot 100 \%}{n \cdot t_R \cdot A \cdot \Delta p}$$

$$A = 26.4 \text{ cm}^2 \quad l = 18.9 \text{ cm}$$

Forsøksbetingelser:

Arbeid med dette apparat kan bare utføres når temperaturen er lavere enn -5°C . Ved høyere temperaturer vil snøprøven smelte langs kontakten med prøverøret.

Det brukes en blanding av vann og frysevæske i apparatet. Blandingsforholdet bør være slik at systemet kan tåle -30°C uten å fryse.

I manometeret tilsettes litt fargestoff, slik at vannhøyden lettere kan avleses. Med hensyn til luftstrømmen gjelder generelt at jo lavere hastighet, jo mer pålitelige er bestemmelsen av luftpermeabiliteten.

Teoretiske betingelser:

Fra et rent teoretisk synspunkt er det en del problemer knyttet til bestemmelse av luftpermeabiliteten i snø. Disse problemer er beskrevet av de Quervain (1945).

Et punkt som spesielt angår selve forsøksprosedyren er kravet om at luftstrømmen skal være laminær. I sitt arbeide angir de Quervain at Reynolds tall (N_R) skal være mindre enn 2200.

$$N_R = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{n} = \frac{2 \cdot \rho \cdot r \cdot v}{n} < 2200 \quad (\text{II})$$

- ρ = tetthet av luften
 v = hastigheten av luftstrømmen
 h = viskositeten av luften
 d = diameteren av røret
 r = kappilær radius

Beregningen av Reynoldstall er ikke mulig å utføre presist for snø, idet snøen ikke har en definert kapillær radius. Det fremkommer derimot av likning II at ved å holde hastigheten på luftstrømmen, v , lav kan kravet til N_R tilfredsstilles. Likning II viser også at ved grovkornet snø må v holdes særlig lav, idet den midlere kappilærradius er større enn for finkornet snø. Bader (1954) angir lufthastigheter (v) opp til 15 cm/sek. for finkornet snø og 6 cm/sek. for middelskornet snø. For grovkornet snø regner Bader med at man vil få turbulens under alle betingelser, men at 2-3 cm/sek. gir luftstrømmer som ikke ligger langt unna laminære betingelser.

Bearbeidelse av luftpermeabilitetsdata.

Resultatene av målingene bør plottes på følgende måte:

- 1) Luftpermeabilitet som funksjon av tetthet og snøtype (Martinelli 1971)
- 2) Luftpermeabilitet som funksjon av styrke. Målt som f. eks. strekkfasthet og snøtype (Martinelli 1971).

for NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT

Bjørn Kjærnsli
Bjørn Kjærnsli

Karl P. Fischer

Karl P. Fischer

REFERANSER:

Bader, H. et al. (1954)

Snow and its metamorphism. S. 30

Wilmette, Illinois.

Snow, Ice and Permafrost Research Establishment, SIPRE

Martinelli, M., Jr. (1971)

Physical properties of alpine snow as related to
weather and avalanche conditions. S. 19-24

Fort Collins, Colorado.

U.S. Department of Agriculture. Forest Service.
Research paper, RM-64.

Quervain, M. de (1945)

Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Schnee.

Weissfluhjoch/Davos. 7 s.

Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung
Interne Bericht, 534.

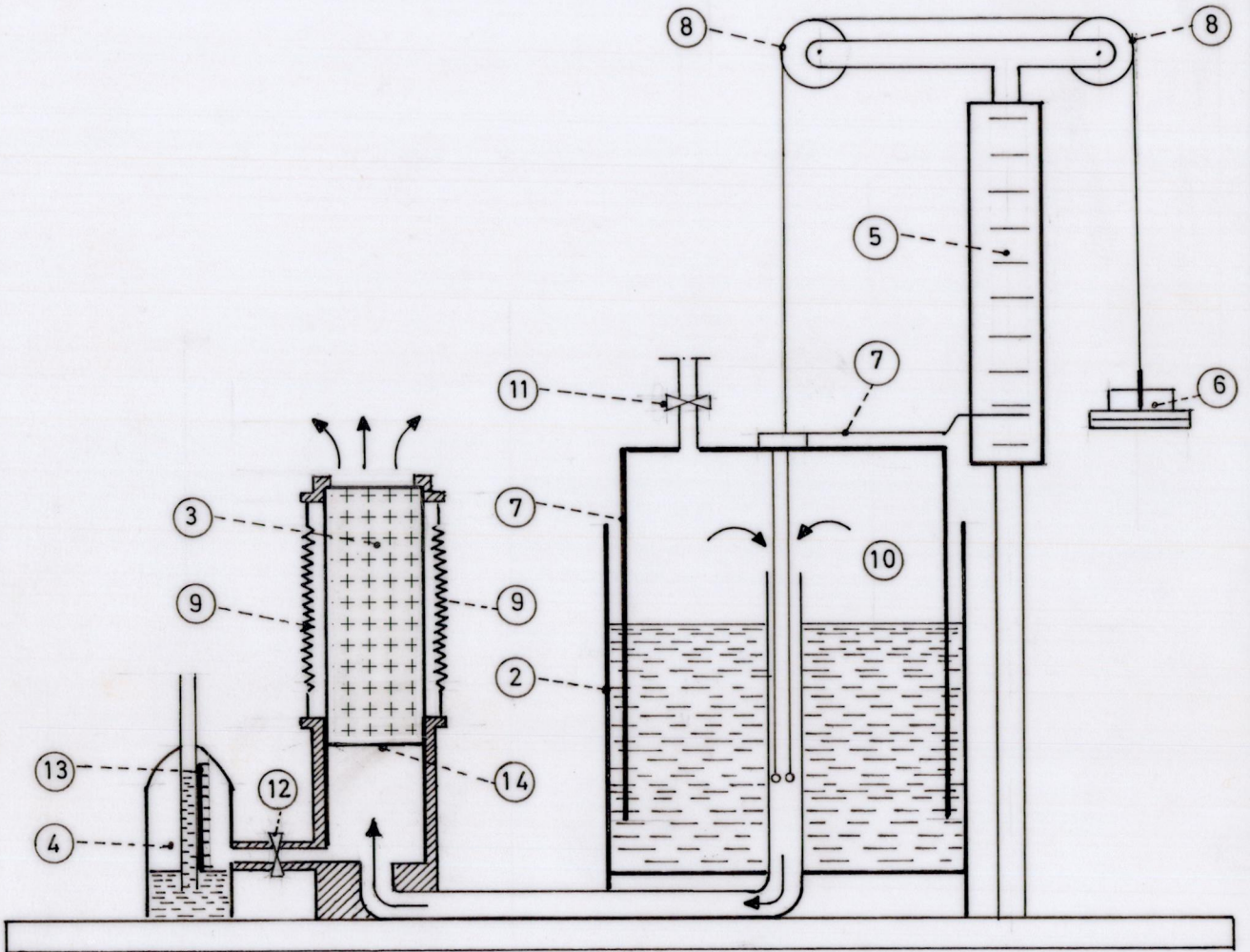
Salm, B. (1971)

On the rheological behavior of snow under high stresses. S 3.

Hokkaido University. Institute of Low Temperature Science.

Contributions, Ser. A, nr. 23.

Fig. 1.



Tegnforklaring side : 8

LUFTPERMEABILITET I SNÖ

LUFTPERMEABILITETS APPARAT

Norges geotekniske institutt

Dato	27. 3 . 74	Tegner
Godkjent	K. F.	
Oppdr. nr.	58102	
Tegn. nr.	001	

24/5-74

KF

58102-1 av 3/4-74

Skjema nr. 001. Jan. 72. 3000. Tørrkopi

Tegnforklaring til Figur 1:

1. Sylindrisk beholder (luftbeholderen)
2. Sylindrisk beholder (vannbeholder)
3. Snøprøve i prøverør
4. Manometer som måler cm vannhøyde
5. Skala som angir luftvolum i liter
6. Motvekter
7. Viser for måling av luftvolumet
8. Trinser
9. Fjærer for montering av prøverør
10. Styrestang med hjul
11. Hane på luftbeholder
12. Hane til manometer
13. Skala for avlesning av vannhøyde
14. Grovt trådnett

24/5-74

Bilde 1. Permeabilitetsprøverør med gummikorker. Veieutstyr med Pesola snøvekter.

KP

58102/av 3/4-74

Bilde 2. Prøvetaking og tetthetsbestemmelse i snøsjakt.

24/5-74

Bilde 3. Del av permeabilitetsapparatet og snøvekt.

SR

58102/sv 3/4-74

Bilde 4. Montering av prøverør i permeabilitetsapparatet.

Bilde 5. Oversiktsbilde av permabilitetsapparatet.

26/5-74

3

50102-74 3/1-74

Omregning av tetthet til porösitet (%)

γ_s	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
030	96.7	96.6	96.5	96.4	96.3	96.2	96.1	96.0	95.9	95.7
040	95.6	95.5	95.4	95.3	95.2	95.1	95.0	94.9	94.8	94.7
050	94.5	94.4	94.3	94.2	94.1	94.0	93.9	93.8	93.7	93.6
060	93.5	93.3	93.2	93.1	93.0	92.9	92.8	92.7	92.6	92.5
070	92.4	92.3	92.1	92.0	91.9	91.8	91.7	91.6	91.5	91.4
080	91.3	91.2	91.1	90.9	90.8	90.7	90.6	90.5	90.4	90.3
090	90.2	90.1	90.0	89.9	89.7	89.6	89.5	89.4	89.3	89.2
100	89.1	89.0	88.9	88.8	88.7	88.5	88.4	88.3	88.2	88.1
110	88.0	87.9	87.8	87.7	87.6	87.5	87.3	87.2	87.1	87.0
120	86.9	86.8	86.7	86.6	86.5	86.4	86.3	86.1	86.0	85.9
130	85.8	85.7	85.6	85.5	85.4	85.3	85.2	85.1	84.9	84.8
140	84.7	84.6	84.5	84.4	84.3	84.2	84.1	84.0	83.9	83.8
150	83.6	83.5	83.4	83.3	83.2	83.1	83.0	82.9	82.8	82.7
160	82.6	82.4	82.3	82.2	82.1	82.0	81.9	81.8	81.7	81.6
170	81.5	81.4	81.2	81.1	81.0	80.9	80.8	80.7	80.6	80.5
180	80.4	80.3	80.2	80.0	79.9	79.8	79.7	79.6	79.5	79.4
190	79.3	79.2	79.1	79.0	78.8	78.7	78.6	78.5	78.4	78.3
200	78.2	78.1	78.0	77.9	77.8	77.6	77.5	77.4	77.3	77.2
210	77.1	77.0	76.9	76.8	76.7	76.6	76.4	76.3	76.2	76.1
220	76.0	75.9	75.8	75.7	75.6	75.5	75.4	75.2	75.1	75.0
230	74.9	74.8	74.7	74.6	74.5	74.4	74.3	74.2	74.0	73.9
240	73.8	73.7	73.6	73.5	73.4	73.3	73.2	73.1	73.0	72.8
250	72.7	72.6	72.5	72.4	72.3	72.2	72.1	72.0	71.9	71.8
260	71.6	71.5	71.4	71.3	71.2	71.1	71.0	70.9	70.8	70.7
270	70.6	70.4	70.3	70.2	70.1	70.0	69.9	69.8	69.7	69.6
280	69.5	69.4	69.2	69.1	69.0	68.9	68.8	68.7	68.6	68.5
290	68.4	68.3	68.2	68.0	67.9	67.8	67.7	67.6	67.5	67.4
300	67.3	67.2	67.1	67.0	66.8	66.7	66.6	66.5	66.4	66.3
310	66.2	66.1	66.0	65.9	65.8	65.6	65.5	65.4	65.3	65.2
320	65.1	65.0	64.9	64.8	64.7	64.6	64.4	64.3	64.2	64.1
330	64.0	63.9	63.8	63.7	63.6	63.5	63.4	63.2	63.1	63.0
340	62.9	62.8	62.7	62.6	62.5	62.4	62.3	62.2	62.0	61.9
350	61.8	61.7	61.6	61.5	61.4	61.3	61.2	61.1	61.0	60.8
360	60.7	60.6	60.5	60.4	60.3	60.2	60.1	60.0	59.9	59.8
370	59.7	59.5	59.4	59.3	59.2	59.1	59.0	58.9	58.8	58.7
380	58.6	58.5	58.3	58.2	58.1	58.0	57.9	57.8	57.7	57.6
390	57.5	57.4	57.3	57.1	57.0	56.9	56.8	56.7	56.6	56.5
400	56.4	56.3	56.2	56.1	55.9	55.8	55.7	55.6	55.5	55.4
410	55.3	55.2	55.1	55.0	54.9	54.7	54.6	54.5	54.4	54.3
420	54.2	54.1	54.0	53.9	53.8	53.7	53.5	53.4	53.3	53.2
430	53.1	53.0	52.9	52.8	52.7	52.6	52.5	52.3	52.2	52.1
440	52.0	51.9	51.8	51.7	51.6	51.5	51.4	51.3	51.1	51.0
450	50.9	50.8	50.7	50.6	50.5	50.4	50.3	50.2	50.1	49.9
460	49.8	49.7	49.6	49.5	49.4	49.3	49.2	49.1	49.0	48.9
470	48.7	48.6	48.5	48.4	48.3	48.2	48.1	48.0	47.9	47.8
480	47.7	47.5	47.4	47.3	47.2	47.1	47.0	46.9	46.8	46.7
490	46.6	46.5	46.3	46.2	46.1	46.0	45.9	45.8	45.7	45.6
500	45.5	45.4	45.3	45.1	45.0	44.9	44.8	44.7	44.6	44.5
510	44.4	44.3	44.2	44.1	43.9	43.8	43.7	43.6	43.5	43.4
520	43.3	43.2	43.1	43.0	42.9	42.7	42.6	42.5	42.4	42.3
530	42.2	42.1	42.0	41.9	41.8	41.7	41.5	41.4	41.3	41.2
540	41.1	41.0	40.9	40.8	40.7	40.6	40.5	40.3	40.2	40.1
550	40.0	39.9	39.8	39.7	39.6	39.5	39.4	39.3	39.1	39.0
560	38.9	38.8	38.7	38.6	38.5	38.4	38.3	38.2	38.1	37.9
570	37.8	37.7	37.6	37.5	37.4	37.3	37.2	37.1	37.0	36.9
580	36.7	36.6	36.5	36.4	36.3	36.2	36.1	36.0	35.9	35.8
590	35.7	35.6	35.4	35.3	35.2	35.1	35.0	34.9	34.8	34.7
600	34.6	34.5	34.4	34.2	34.1	34.0	33.9	33.8	33.7	33.6
610	33.5	33.4	33.3	33.2	33.0	32.9	32.8	32.7	32.6	32.5
620	32.4	32.3	32.2	32.1	32.0	31.8	31.7	31.6	31.5	31.4

LUFTPERMEABILITET I SNÖ

Dato: Lufttemp.: Snötemp.:

K = (V * l * 100 %) / (n * t_R * A * Δp) ; cm^2 * sek^-1 * (cm vann)^-1

A = 26.4 cm^2 l = 18.9 cm

Anmerk.:

Table with 9 columns: Pröve nr., Tetthet γ_s, g/cm^3, n %, V = V_2 - V_1, cm^3, t sek., t_0 sek., t_R = t - t_0 sek., Δp cm vann, K cm^2/sek(cm vann)

24/5-74

K F

58102000 3/4-74