Materialegenskaper

De tre viktigste egenskapene til materialer for skallbekledning er vindtetthet, vanntetthet og evnen til å transportere fuktighet. Vi skal nå gå grundig gjennom disse tre; hvordan de kan måles i laboratorietester og i hvilken grad testresultatene er et godt grunnlag for å velge mellom ulike produkter.

TEKST: **RANDULF VALLE**

Vindtetthet

Vindtetthet måles i laboratoriet ved å trykksette et kjent areal av et stoff, og måle hvor stor luftstrøm som må til for å opprettholde trykket. Luftstrømmen har enheten $cm^3/cm^2 \cdot s$, som kan forenkles til cm/s. Vindtettheten – motstanden mot luftgjennomgang – får man ved å dividere trykk på luftstrøm. Den får da enheten Pa/(cm/s).

Dessverre ser man ikke ut til å ha blitt enige om noen standard her. Derfor varierer både trykket som brukes under målingene og enheten som brukes på luftstrømmen (for eksempel kubikktommer/min og l/m^2) Det gjør det vanskelig å sammenligne data fra forskjellige produsenter.

Membranplagg, for eksempel Gore-Tex® og Dermizax®, har uendelig høy vindtetthet. Tettvevd bomull er rundt 10.000 ganger mer vindtett enn ubehandlet fleece. At klesplagg har ulik vindtetthet kan brukes bevisst, siden et plagg som slipper gjennom vinden også sørger for lufting. Ved høy aktivitet, eller under varme forhold, kan man bruke plagg med begrenset vindtetthet. Plagg med 10 – 20 % av vindtettheten til bomull vil øke lufting og redusere svetting til et mer hensiktsmessig nivå. I så fall må man da ha et vind- og vanntett lag som kan tas fram når været blir mer ruskete.

Vanntetthet

Vanntettheten til membranstoffer måles normalt i en vannsøyle-test. Stoffet utsettes for stadig høyere vanntrykk på den ene siden, helt til vanndråper lekker gjennom stoffet på tre steder. Målingen angir ganske enkelt hvilken høyde en vannsøyle må ha for å tilsvare trykket som fører til gjennomtrengning av vann. Jo høyere vannsøyle, jo bedre vanntettet. Testen er standarisert i ISO 811.

De fleste er enige om at et tekstil for alle praktiske turformål kan anses som vanntett om det tåler en vannsøyle på 8-10 meter. Forsøk i regnkammer skal også ha vist at plagg utført i stoff med vannsøyle ned mot 3 meter også kan holde deg tørr i flere timer i regnet. Mange membranstoffer tåler vannsøyler på nesten 30 meter. Hva sier det oss?

Ikke så veldig mye, dessverre. Du kan ikke automatisk konkludere med at du holder deg tørr lengre i jakka hvor stoffet tåler høyest vannsøyle, i alle fall ikke så lenge begge stoffene har vannsøyle over 8-10 meter. Når stoffet allerede er vanntett, så har det liten effekt å gjøre det enda mer vanntett... Det er dessuten mange andre forhold som har innvirkning på om du blir våt: Plassering og kvalitet på sømmer, taping av sømmer samt plassering og design av hette, er noen eksempler. Glidelåsene er også svake punkter. Både kvalitet på glidelås, plassering og beskyttelse spiller inn.

En kan kanskje tro at et materiale med svært høy vannsøyle vil tåle mer slitasje før lekkasje oppstår, men også her er det mange andre faktorer som spiller inn. Et trelags materiale vil beskytte membranen bedre enn et tolags. Det vil øke levetiden. Kvaliteten på ytterstoffet og på lamineringen av de forskjellige lagene i stoffet innvirker også.

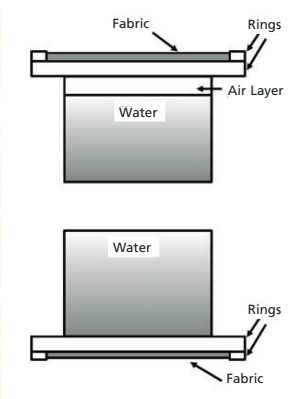
Fuktighetstransport

Membranplagg har som tidligere nevnt evnen til å transportere fuktighet i form av damp, ut gjennom stoffet. Transporten av vanndamp gjennom en membran er det som ofte refereres til som «pusteevne.»

Drivkraften for denne mekanismen er forskjellen i damptrykk mellom innsiden og utsiden av bekledningen. Vanndamp vil overføres fra siden med høyt trykk til siden med lavt trykk. Prosessen vil være raskere jo større forskjellen i damptrykk er. Normalt er damptrykket av vanndamp høyest på innsiden av klærne, og fuktighet transporteres derfor bort fra kroppen. Det motsatte kan være tilfelle om du setter deg på ei våt tue, eller dersom ytterstoffet på dressen din er dårlig impregnert og trekker vann. Da kan damtransporten gå motsatt vei og du ender opp med å bli våt.

På laben...

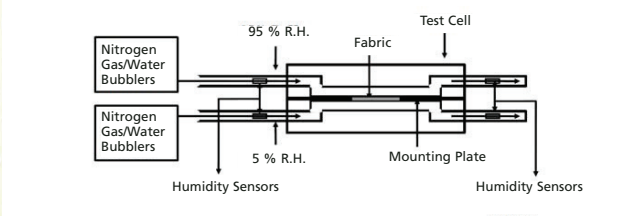
Hvor godt et materiale transporterer fuktighet kan testes i laboratoriet. Testene kan deles i to typer. Den ene kategorien er basert på at man fyller en kopp med vann og dekker toppen med et membran, som vannet over tid vil passere ut gjennom. Ved å veie koppen før og etter forsøket, og dividere på tiden og aralet til åpningen, får man et resultat i form av antall gram vanndamp som passerer gjennom en kvadratmeter av membranen pr. døgn ($g/m^2 \cdot 24t$). Det finnes flere varianter av denne testen hvor temperatur og luftfuktighet på inn- og utsiden av membranen er varierer, som vist i figur 1. Alle gir verdier for fuktighetstransport i form av $g/m^2 \cdot 24t$.



FIGUR 1. Kopp-test (øverst) og omvendt kopptest vist skjematisk. I kopp-testen er membranet i kontakt med vanndamp, mens det i den omvendte kopp-testen er i kontakt med vann. Figur hentet fra McCullough (1).

En annen testmetode består i å sende to luftstrømmer med kontrollert og ulik luftfuktighet på hver sin side av en membran som vist i figur 2. Ved å måle luftfuktighet i begge luftstrømmene før og etter at lufta har passer membranen, kan man regne seg fram til hvor mye vanndamp som passerer gjennom membranen. Også her presenteres resultatet som $g/m^2 \cdot 24t$.

Dette er et resultat som er lett å forstå. Jo mer vanndamp som passerer gjennom membranen i løpet av et døgn, jo bedre puster den – enkelt og greit! Eller kanskje ikke? Problemet er at de ulike testmetodene gir svar av svært ulik størrelsesorden. Metodene kan også rangere fuktighetstransporten i forskjellige tekstiler ulikt.



FIGUR 2: Skjematisk beskrivelse av måleoppsett for fuktighetstransport mellom gasstrømmer. Ved å måle luftfuktighet før, og etter lufta har passert membranen, kan fuktighetstransport over membranen beregnes. Figur hentet fra McCullough (1).

Eksempler på dette er vist i tabell 1, hvor forsøksresultater fra en sammenligning av ulike målemetoder, utført av Kansas State University i 2003 er gjengitt. Legg merke til at fuktighetstransporten kan variere med en faktor på nesten 30 for samme tekstil og ulike målemetoder.

Det er også verd å merke seg at Dermizax® og Triple Point Ceramic® veksler på å komme best ut i «innbyrdes oppgjør,» avhengig av hvilken testmetode som brukes. Ulikhetene er dessuten store: Ved bruk av JIS L 1099 som målemetode virker Dermizax® å ha over dobbelt så bra fuktighetstransport som Triple Point Ceramic®. Brukes i stedet diffusjon mellom luftstrømmer er plutselig Triple Point Ceramic® over dobbelt så bra som Dermizax®.

Det finnes altså ingen «omregningsfaktor» mellom de ulike metodene.

Hva betyr dette?

Vi har altså sett at fire målemetoder, hvorav tre er industrielle standarder, gir vidt forskjellige resultater. Hva betyr det? Enklest er det å starte med hva det ikke betyr. Det betyr nemlig ikke at én eller flere av testmetodene er gale, mens andre er riktige. Det betyr ganske enkelt at fuktighetstransporten gjennom en membran er svært avhenigig av forholdene.

Utviklingen av membranmaterialer går fort, og disse målingen er noen år gamle. Hovedpoenget med å vise dataene er heller ikke å vise hvem som kommer best ut, men å demonstrere ulikheter i målemetodene. Likevel er det verd å merke seg at Gore-Tex®XCR og eVent™ tar de to første plassene – uansett målemetode og med tildels klar margin.

Siden ulike testmetoder rangerer fuktighetstransporten til membranene ulikt, kan vi i tillegg konkludere med at ulike membrantyper reagerer forskjellig på

TABELL 1: Fuktighetstransport gjennom ulike tekstiler ved ulike målemetoder. Alle resultater i g/m2·24t

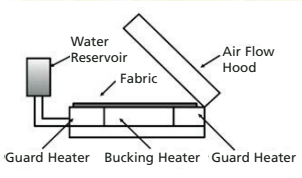
	TESTMETODE			
Materiale	ASTM E 96B Kopp-test	ASTM E 96 BW Omv. kopp-test	JIS L 1099	Diffusjon mellom luftstrømmer
Dermizax®	700.0	6608.4	12357.6	2245.5
Triple Point Ceramic®	776.8	2972.0	5305.6	3094.2
eVent™	984.8	7265.6	27825.6	6162.5
Gore-Tex® XCR	864.4	7513.2	21193.6	3193.3
Sympatex®	783.2	5876.0	11669.6	2960.1

A comparison of standard methods for measuring water vapour permeability of fabrics Elizabeth A McCullough et al 2003 Meas. Sci. Technol. 14 1402-1408.
Alle data hentet fra McCullough (1).

endrede betingelser. Det kommer vi tilbake til senere. Først skal vi se på en alternativ metode for å karakterisere «pusteevne.»

Motstand mot fuktighetstransport (RET)

Et alternativ til å måle fuktighetstransporten gjennom membranen er å måle motstanden mot fuktighetstransport. Dette gjøres ved hjelp av en «svettende kokeplate.» Testen er standarisert i ISO 11092, og vist skjematisk i figur 3.



FIGUR 3. Testoppsett for «svettende kokeplate.» En målemetode for motstand mot fuktighetstransport.
Figur hentet fra McCullough (1).

Kort forklart foregår testen slik:
Man legger membranen på toppen av en presist retulert varmeplate som har fordypninger hvor vann kan tilføres. Det genereres dermed damp, som kun kan forsvinne gjennom membranen. Plata plasseres i et kammer med kontrollert damptrykk og en temperatur på 35°C. Varmeplata reguleres også til samme temperatur. Når systemet har stabilisert seg leser man av effekten som varmeplata må tilføres for å holde likevekten. Denne gir, sammen med forskjellen i damptrykk over membranen, et uttrykk for motstanden mot fuktighetstransport. Motstanden mot fuktighetstransport benevnes Ret – normalt skrevet RET – og har enheten $m^2 \cdot Pa/W$. Eksempler på verdier for ulike materialer er gitt i Tabell 2. Ulempen med denne målemetoden er klar nok: Den er vanskelig å forstå. Det samme gjelder enheten til svaret: $m^2 \cdot Pa/W$ er langt mindre håndgripelig enn $g/m^2 \cdot 24t$. Siden RET er en motstand mot fuktighetstransport, har et materiale bedre «pusteevne» jo lavere RET-verdi det har.
En klar fordel med å forholde seg til RET er at målinger kan legges sammen. Dersom to stoffer har motstand mot fuktighetstransport lik RET-A og RET-B, vil de ha en motstand mot fuktighetstransport lik RET-A + RET-B om de legges oppå hverandre. Målinger av RET utført i henhold til ISO 11092 kan dessuten sammenlignes.

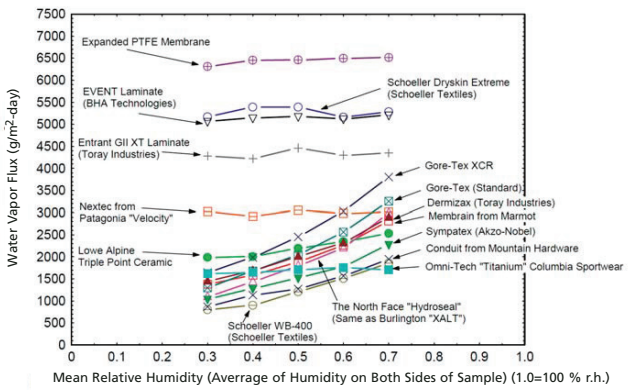
TABELL 2: Motstand mot fuktighetstransport (RET) gjennom ulike tekstiler.

Materiale	Ret ($m^2 \cdot Pa/W$)
Dermizax®	11.4
Triple Point Ceramic®	13.3
eVent™	5.9
Gore-Tex® XCR	4.9
Sympatex®	6.8

Alle data hentet fra McCullough (1)

Temperatur og luftfuktighet

Som vi så fra Tabell 1 vil vi svaret på hvilket tekstil som har den beste fuktighetstransporten avhenge av testmetoden. Dette er i stor grad et resultat av ulikheter mellom mikroporøse og hydrofile membraner.
For begge membrantypene er det forskjellen i damptrykket av vanndamp mellom innsiden og utsiden som er drivkraften for fuktighetstransport. For de hydrofile membranene øker i tillegg transportevnen når temperatur og fuktighet øker, selv om forskjellen i damptrykk over membranen er den samme.
Grunnen til dette er at membranen sveller ved høyere damptrykk. En hydrofil membran kan også absorbere vann i væskeform, noe som vil øke fuktighetstransporten. Det rapporteres at en hydrofil membran i kontakt med vann kan transportere tre ganger så mye fuktighet som i tørr tilstand. Målinger utført av den amerikanske hæren, gjengitt i figur 4, viser dette tydelig. Her er fuktighetstransporten for ulike materialer vist grafisk. Vi ser at rene mikroporøse membraner som eVent™ og Triple Point Ceramic® har tilnærmet konstant fuktighetstransport, selv om relativ luftfuktighet øker.
Hydrofile membraner som Dermizax® og Sympatex® øker derimot sin fuktighetstransport når luftfuktigheten øker. Vi legger også merke til at Gore-Tex®-membranene viser samme tendens, sannsynligvis på grunn av en hydrofil membran som beskyttelse for den mikroporøse membranen.
Denne forskjellen mellom hydrofile og mikroporøse membraner forklarer også ulihetene i tabell 1. Vi ser at mikroporøse Triple Point Ceramic® er bedre enn hydrofile Dermizax® i en vanlig kopptest, hvor membranen er i kontakt med vanndamp, mens forholdet snur i den omvendte kopptesten – hvor membranene er i kontakt med vann i væskeform.



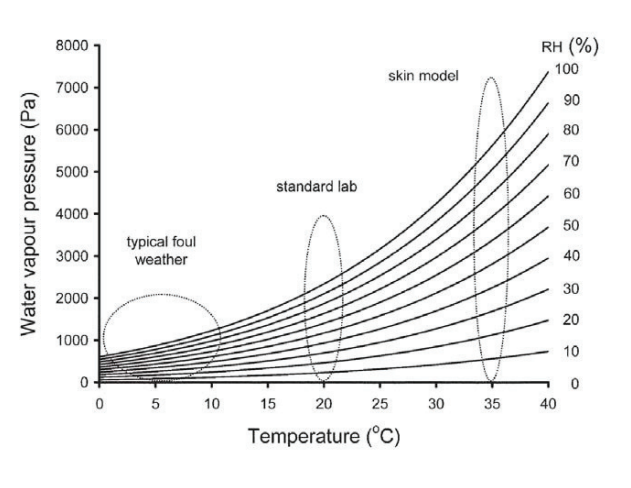
FIGUR 4. Fuktighetstransport gjennom ulike tekstiler ved ulik gjennomsnittlig luftfuktighet. Prøven er plassert mellom gasstrømmer med konstant differanse luftfuktighet.
Figur hentet fra U.S. Army Soldier Systems Center (3)

Gjenspeiler testene virkeligheten?

Etter å ha gjennomgått testmetodene, og sett hvordan valg av metode har mye å si for hvilke membraner som tilsynelatende har best fuktighetstransport, dukker et nytt spørsmål opp: Gjenspeiler testmetodene forholdene vi bruker klærne under i det virkelige liv? Svaret er dessverre et høyt og tydelig nei!
Den «svettende kokeplata» har en temperatur på 35 grader og gir tilnærmet 100 % luftfuktighet under membranen. Det er en grei tilnærming til forholdene inn mot huden. At man på utsiden av stoffet også har en temperatur på 35 grader og en luftfuktighet på 40 % er noe annet. Når var du sist på tur i 35 varmegrader – med Gore-Tex®-jakke?
Ei skikkelig skalljakke kjøper du gjerne for å være rustet når det er kaldt og vått. Luftfuktigheten kan da være mye høyere enn 40 %. Siden membranen er det nest ytterste laget i bekledningen din, vil den ha en temperatur som ligger mellom lufttemperaturen og temperaturen på hudoverflaten, altså langt under 35°C.
De andre testmetodene vi har sett på (Tabell 1) har små- eller ingen temperaturforskjeller mellom inn- og utsiden av membranen, og temperaturen holdes her rundt 20°C. Luftfuktigheten på utsiden av membranen kan for enkelte av testprosedyrene være helt nede i 5 %.
Figur 5 viser hvordan temperatur og luftfuktighet i testprosedyrene skiller seg fra typiske uværsverdier.

Mer komplekst

Relativ luftfuktighet på utsiden av membranen er altså vanligvis høyere i praksis



FIGUR 5. Sammenheng mellom temperatur, relativ luftfuktighet og partialtrykk av vanndamp i lufta. Forhold for labtester samt typisk, ruskete turvær er tegnet inn. Testene gjenspeiler i liten grad virkeligheten. Figur hentet fra Lomax (2).

Når man virkelig har bruk for skallbekledningen, er det sjelden 20-30 grader og relativt tørr luft på utsiden av den...

enn i laboratorieforsøkene. Det vil gi lavere drivkrefter for fuktighetstransport. Figur 5 viser imidlertid at dette kompenseres av at temperaturen på utsiden av plagget vil være lavere enn på innsiden. Dermed vil partialtrykket av vanndamp uansett være lavere på utsiden enn på innsiden, og det er forskjellen i partialtrykk av vanndamp – ikke relativ luftfuktighet – som gir drivkraft for fuktighetstransport.

Figur 5 er også en god illustrasjon på et annet problem: Når lufta på innsiden av membranen er varm og fuktig, og lufta på utsiden er mye kaldere, vil lufta som er på vei ut på ett punkt være mettet av vanndamp. Da vil vann i væskeform kondensere. Dette kan i så fall skje både på overflaten- eller inne i selve tekstilet og vil påvirke fuktighetstransporten.

I sprengkulde blir ulikheten i forhold til lab-forsøkene enda mer ekstrem: Det kan fryse på eller i membranen. Tidligere ble det sagt at membranklær var uegnet i kulde – nettopp av denne grunnen, og ising inne i skallbekledning var også et reelt problem.

I dag er membranene bedre og problemet mye mindre. Vi har bruk klær basert på flere ulike membraner i temperaturer under –30°C, uten reelle problemer. Husk dessuten at også is avgir vanndamp, og så lenge membranen ikke er blokkert vil den fortsatt kunne transportere ut fuktighet – selv med rim på innsiden.

Alt i alt ligger forholdene i testene altså langt unna virkeligheten. Vi vet at ulike testmetoder gir svært ulike resultater for pusteevnen til membranstoffer. Derfor er det høyst risikabelt å trekke bastante konklusjoner om egenskaper i praktisk bruk, bare på grunnlag av laboratorietester.

Ut i felt

Når det gjelder pusteevnen vil dessuten konstruksjon av plagget ha mye å si. Områder med dobbelt lag av stoff, for eksempel lommer, vil resultere i en dobling av RET-verdien i den regionen. Skikkelig luftemuligheter og hvor stort areal det finnes av tapede sømmer også innvirke på ventilasjonen. I tillegg er opplevelsen av å bruke et klesplagg i høyeste grad subjektiv. Følelsen av plagget mot kroppen, noe som i stor grad avhenger av om plagget er laget i to- eller trelags materiale, har også mye å si for hvordan vi bedømmer komforten.

I tillegg måles fuktighetstransport som regel på helt nye tekstiler. For en forbruker er det vel så interessant hvordan egenskapene er etter 50 bruksdøgn og tre runder i vaskemaskina.

Vår konklusjon er altså at du ikke kan velge materiale for ditt skallplagg bare på grunnlag av testdata. Efaringer fra praktisk bruk må også være en del av beslutningsgrunnlaget.

Konstruksjonen av plagget har også mye å si, og det er hva vi skal ta for oss i den siste delen av dette temaet. **F**

F A K T A

Oppsummering

Jada – vi er enige! Dette ble veldig teoretisk. Men av og til må man gå i dybden for virkelig å forstå. Dersom det holder for deg med essensen, har vi samlet noen punkter her:

- Membranplagg som Dermizax® og Gore-Tex® er 100 % vindtette. Tettvevd bomull slipper gjennom noe luft, men er 10.000 ganger mer vindtett enn en ubehandlet fleecegenser.
- Klær som ikke er helt vindtette kan brukes bevisst for å regulere lufting og kroppstemperatur.
- Tekstiler med vannsøyle på mer enn 8-10 meter regnes som vanntette.
- Høyere vannsøyle verken en garanti for et mer vanntett plagg i praktisk bruk, eller at plagget tåler mer slitasje før lekkasje oppstår.
- Ulike testmetoder for fuktighetstransport («pusteevne») gir ulike resultater. Dersom resultater skal sammenlignes må testprosedyrene være identiske.
- Tester for fuktighetstransport gir ofte svar i form av $g/m^2 \cdot 24$ t. For samme testprosedyre har da tekstilet med den høyeste testverdien den beste pusteevnen.
- Dersom motstanden mot fuktighetstransport (RET) er målt, betyr en lavere verdi høyere pusteevne. De beste har verdier helt ned mot $4\ m^2 \cdot Pa/W$.
- Alle testmetodene for fuktighetstransport skjer under forhold som i liten grad gjenspeiler værforholdene et skallplagg skal brukes under. Det er ingen automatikk i at stoffer med best testresultat er best for ditt bruksområde.
- Ventilasjonsegenskapene til et plagg avhenger av mye annet enn «pusteevnen» til stoffet det er lagd i.
- Skallplagg er lagt for bruk i naturen – ikke på en lab. Det er først i praktisk bruk man virkelig får se hva et plagg duger til!

Kilder:

1: *A comparison of standard methods for measuring water vapour permeability of fabrics Elizabeth A. McCullough et al 2003 Meas. Sci. Technol. 14 1402-1408.*

2: *Breathable polyurethane membranes for textile and related industries George Robert Lomax J. Mater. Chem., 2007, 17, 2775 – 2784.*

3: *«Breathability» Comparison of Commercial Outerwear Shell Layers Materials Scince Team, U.S. Army Soldier Systems Center. (Hele rapporten er tilgjengelig for nedlasting på www.friluftsliv.no).*

4: *ISO 811 Textile fabrics – Determination of resistance to water penetration – Hydrostatic pressure test.*

5: *ISO 11092 Textiles – Physiological effects – Measurement of thermal and water-vapour resistance under steady-state conditions. (sweathing guarded-hotplate test).*