

6. Norma PN-ISO 5725-2:2002 „Dokładność (poprawność i precyzja) metod pomiarowych i wyników pomiarów. Część 2: Podstawowa metoda określania powtarzalności i odtwarzalności standardowej metody pomiarowej”
7. Norma PN-91/P-04600 „Tekstylnia. Wyznaczanie precyzji metod badań na podstawie badań międzylaboratoryjnych”
8. Przewodnik ISO/IEC 43-1:1997

## Odzież "oddychająca" czy "paroprzepuszczalna" ?

**E. Maklewska**

Instytut Technologii Bezpieczeństwa "MORATEX"

### Wprowadzenie

Począwszy od lat 90-tych, wśród producentów oraz użytkowników funkcjonalnej odzieży wierzchniej, przeznaczonej dla osób szczególnie aktywnych fizycznie, coraz większą popularnością cieszy się określenie „odzież oddychająca”. Do tego rodzaju odzieży należy min. odzież stosowana w sporcie uprawianym rekreacyjnie i wyczynowo, a także odzież stosowana w środowisku pracy: służbowa, robocza i ochronna (rys.1).

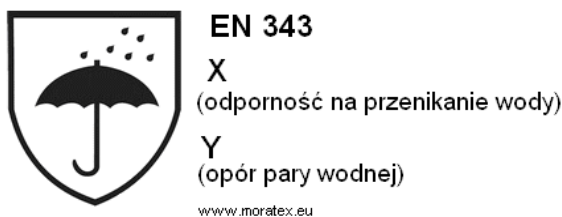
Ponieważ znaczenie tego określenia nie dla wszystkich jest oczywiste i jednoznaczne, stąd w niniejszej pracy podjęto się próby wyjaśnienia jakie właściwości w przypadku tzw. „odzieży oddychającej” są istotne.

### Metodyka oznaczania wodoszczelności i paroprzepuszczalności odzieży

Do najważniejszych cech odzieży wierzchniej, chroniącej przed opadami atmosferycznymi, należą: wodoszczelność i paroprzepuszczalność. Właściwości te badane są zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 343 [1]. Wyniki badań wodoszczelności i oporu pary wodnej - określającej paroprzepuszczalność badanych próbek, wyznaczają klasę tych właściwości. W przypadku odzieży ochronnej, dane te, zgodnie z PN-EN 340 [2], powinny być umieszczane na etykietach wyrobów gotowych w oznakowaniu graficznym jak na rys.2



Rysunek 1 Przykłady ubrań funkcjonalnych wodoszczelnych i paroprzepuszczalnych [17],[18]



Rysunek 2 Znak graficzny wskazujący na klasę odporności na przenikanie wody i klasę oporu pary wodnej [1]

Badania przeprowadzane są na nowych oraz na poddanych wstępnej obróbce ( min. praniu, ścieraniu, wielokrotnym zginaniu) próbkach materiału zewnętrznego odzieży, z uwzględnieniem, jeśli ma to zastosowanie, warstwy izolującej cieplnie oraz podszewki.

**Wodoszczelność**, oznaczana w normie PN - EN 343 parametrem  $W_p$  [Pa], jest to opór przenikania wody przez materiał oraz szwy i jest mierzony wielkością ciśnienia hydrostatycznego działającego na materiał do momentu pojawienia się kropli na powierzchni badanego materiału.

Stanowisko do badania wodoszczelności przedstawiono na rysunku 3.



Rysunek 3 Stanowisko do badania wodoszczelności w ITB MORATEX

Norma przewiduje trzy klasy wodoszczelności (tabela 1)

Tabela 1 Klasyfikacja wodoszczelności wg PN-EN 343

Wodoszczelność $W_p$	Klasa wodoszczelności		
	1	2	3
Materiał nowy	$W_p \geq 8\,000$ Pa*	Nie badane	Nie badane
Materiał po obróbce wstępnej (pranie, ścieranie, zginanie, działanie paliwa, oleju)	Nie badane	$W_p \geq 8\,000$ Pa	$W_p \geq 13\,000$ Pa
Szwy przed starzeniem	$W_p \geq 8\,000$ Pa	$W_p \geq 8\,000$ Pa	$W_p \geq 13\,000$ Pa

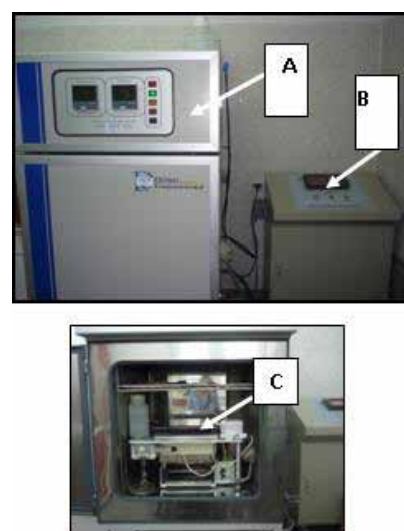
\*)  $100$  Pa =  $1$  hPa =  $1$  cm  $H_2O$

Materiał o najwyższej klasie ochrony – 3, powinien zapewnić wysoką wodoszczelność na poziomie  $130$  hPa ( $130$  cm  $H_2O$ ), nawet po przeprowadzeniu procesu wstępnej obróbki.

**Paroprzepuszczalność** czyli właściwość przenikania pary wodnej przez próbkę materiału (lub zestawu materiałów) określany jest przez opór pary wodnej oznaczany parametrem  $R_{et}$  [ $m^2Pa/W$ ].

Sposób wyznaczania oporu przenikania pary wodnej, przy wykorzystaniu urządzenia badawczego tzw. „modelu skóry” (rys.4), opisany jest w normie PN-EN 31092 [3]. Urządzenie to symuluje procesy przenikania ciepła i pary wodnej zachodzące w warstwie odzieżowej okrywającej ciało człowieka.

Klasyfikację oporu przenikania pary wodnej oraz zalecane czasy noszenia kompletnego ubrania w zależności od klasy oporu pary wodnej i temperatury otoczenia określone w normie PN - EN 343, przedstawia tabela 2.



Rysunek 4 Urządzenie do badania oporu pary wodnej „Model skóry” (Sweating Guarded Hot Plate) w ITB MORATEX. A. komora badań, B. panel monitorujący i rejestrujący, C. próbka na płycie grzewczej

Tabela 2 Klasyfikacja oporu pary wodnej oraz zalecane maksymalne czasy ciągłego noszenia dla kompletnego ubrania składającego się z kurtki i spodni (bez warstwy izolującej ciepłnie) w różnych temperaturach otoczenia

Temperatura otoczenia °C	Klasa oporu pary wodnej*)		
	1	2	3
	Ret <sup>3</sup> 40	20 < Ret ≤ 40	Ret ≤ 20
	T[min]	T[min]	T[min]
25	60	105	205
20	75	250	Bez ograniczeń
15	100	Bez ograniczeń	Bez ograniczeń
10	240	Bez ograniczeń	Bez ograniczeń
5	Bez ograniczeń	Bez ograniczeń	Bez ograniczeń

\*) założono: średni wydatek energetyczny  $M=150W/m^2$ , wilgotność względna 50%, prędkość wiatru  $v_a=0,5 m/s$

Dane z powyższej tabeli 2, wskazują jak wielkość oporu pary wodnej wpływa na komfort użytkowania odzieży<sup>1</sup>. Najwyższy komfort użytkowania zapewnia odzież wykonana z pakietu materiałów o najmniejszym współczynniku Ret, czyli takiej której opór pary wodnej wynosi 3. Niska wartość Ret ułatwia odparowanie wydzielanego potu.

Odzież, wykonana z materiału, którego klasa oporu pary wodnej wynosi 1, nie nadaje się do długotrwałego użytkowania. Należy przy tym podkreślić, że czas użytkowania i związany z nim komfort użytkowania zależą nie tylko od temperatury otoczenia, ale również od intensywności wysiłku fizycznego. W normalnych warunkach użytkowania wilgotność względna<sup>2</sup> mikroklimatu pod odzieżą wynosi ok. 40-60% , wzrost wilgotności powyżej 70% powoduje uczucie gorąca, duszności i wyraźnego dyskomfortu. [4].

1 **Komfort użytkowania** odzieży jest to stan, kiedy istnieje równowaga między ciepłem wytwarzanym a ciepłem traconym człowiekiem [4];

2 **Wilgotność względna** – stosunek ciśnienia cząstkowego pary wodnej zawartej w powietrzu do ciśnienia nasycenia, określającego maksymalne ciśnienie cząstkowe pary wodnej w danej temperaturze. Ciśnienie cząstkowe jest (zgodnie z prawem Daltona) ciśnieniem, jakie miałby gaz, gdyby zajmował całą dostępną objętość. Wilgotność względna jest niemianowana i zawiera się w przedziale od 0 do 1, często wyrażana w procentach (100%=1). Wilgotność względna równa 0 oznacza powietrze suche, zaś równa 1 oznacza powietrze całkowicie nasycone parą wodną[19].

### Rozwiązanie materiałowo – konstrukcyjne wspomagające paroprzepuszczalność odzieży

Aby zwiększyć odczucie komfortu cieplnego i tym samym wydłużyć czas użytkowania odzieży przy zwiększonym obciążeniu fizycznym, stosowane są specjalne rozwiązania konstrukcyjne uwzględniające min. otwory wentylacyjne, umieszczane najczęściej w okolicy pach lub w górnej części pleców pod „karczkiem”. Innym sposobem zmniejszenia wilgotności pod odzieżą jest zastosowanie specjalistycznej bielizny współpracującej z odzieżą wierzchnią w procesie transportu ciepła i wilgoci na zewnątrz [5], [6].

Najistotniejszą jednak rolę w kształtowaniu pododzieżowego komfortu cieplnego mają stosowane obecnie w coraz szerszym zakresie, zarówno w odzieży zaawansowanej technicznie jak i w odzieży użytku codziennego, membrany paroprzepuszczalne [7]. Są to materiały charakteryzujące się zarówno wysoką odpornością na przenikanie wody, jak i łatwością przepuszczania potu w postaci pary wodnej. Dodatkową zaletą membran jest ich wiatroszczelność, dzięki czemu redukują one przewodność do minimum, zwiększając tym samym ciepłochronność odzieży.

Prowadzone cały czas prace badawcze nad doskonaleniem technologii tego typu materiałów oraz postępująca konkurencyjność ich producentów spowodowały, że materiały te są coraz bardziej powszechne na rynku, a ich parametry osiągają wartości przekraczające w zakresie wodoszczelności - 80 000 Pa, przy oporze pary wodnej  $Ret \leq 2$  [8].

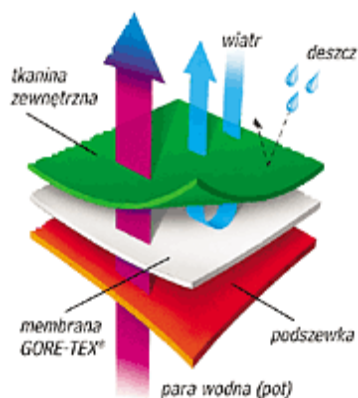
Instytut Hohenstein, wiodący niemiecki instytut badawczy, zaproponował swoją klasyfikację paroprzepuszczalności, bardziej adekwatną dla parametrów

technicznych dostępnych obecnie na rynku materiałów paroprzepuszczalnych, aniżeli klasyfikacja zamieszczona w PN-EN 343 [9]: Klasyfikacja ta przedstawiona jest poniżej:

- $Ret \leq 5 \text{ m}^2\text{Pa}/\text{W}$  paroprzepuszczalność bardzo dobra,
- $5 \text{ m}^2\text{Pa}/\text{W} < Ret \leq 20 \text{ m}^2\text{Pa}/\text{W}$  paroprzepuszczalność dobra,
- $20 \text{ m}^2\text{Pa}/\text{W} < Ret \leq 35 \text{ m}^2\text{Pa}/\text{W}$  paroprzepuszczalność akceptowalna,
- $Ret > 35 \text{ m}^2\text{Pa}/\text{W}$  paroprzepuszczalność nie wystarczająca,

### Rodzaje membran paroprzepuszczalnych

Membrany paroprzepuszczalne są to najczęściej cienkie mikroporowate folie, które służą do laminowania tradycyjnych materiałów włókienniczych (warstwy zewnętrznej odzieży lub podszewki) lub występują w postaci luźnej przekładki umieszczonej pomiędzy warstwą zewnętrzną i podszewką [10]. Membrany występują również w postaci cienkiej warstwy żywicy polimerowej naniesionej bezpośrednio na materiał włókienniczy w postaci dyspersji lub pianki, tworząc na powierzchni tych materiałów powłoki mikroporowate. Zasadę działania membrany paroprzepuszczalnej, na przykładzie materiału Gore-tex ilustruje rysunek 5.



Rysunek 5 Zasada działania materiału paroprzepuszczalnego na przykładzie membrany Gore-tex

Biorąc pod uwagę skład chemiczny membran paroprzepuszczalnych możemy wyróżnić następujące rodzaje membran [11], [7]:

- teflonowe (PTFE) np. Gore-tex,
- poliestrowe np. Sympatex,
- poliuretanowe np. Hydrotex, Aquatex,

**Gore-tex**® [12] – jest membraną paroprzepuszczalną, opracowaną już w latach 80-tych przez amerykańską firmę Gore. Jest to cienka miękka folia mikroporowata, o znacznej wytrzymałości mechanicznej,

wykonana z polifluoroetyleny (Teflonu). Szacuje się, że na 1 cm<sup>2</sup> powierzchni przypada ok. 2 miliardów mikroporów. Ich średnica (0,05-0,5 μm) jest na tyle mała, że nie przepuszczają cząsteczek wody działającej nawet pod dużym ciśnieniem, jednocześnie są 700 krotnie większe od molekuł wody z jakich składa się wydzielany w postaci pary wodnej pot, dzięki czemu może ona przedostawać się przez strukturę membrany. Różnica temperatury i stężeń pary wodnej po obu stronach membrany powoduje powstanie ciśnienia osmotycznego, co umożliwia transport pary wodnej z ośrodka o większym stężeniu do ośrodka o mniejszym.

**Sympatex**® [13] – jest membraną hydrofilową opracowaną i produkowaną przez firmę Sympatex Technologies. Wykonana jest z polimerów poliestrowych. W przeciwieństwie do innych wodoodpornych membran, nie zawiera ona kanalików i porów zapewniając jednocześnie wysoki przepływ wilgoci. Mechanizm transportu wilgoci realizowany jest dzięki specyficznemu zjawiskom chemicznym – bazujących na chemicznych cechach membrany i polarnych właściwościach wody. W odróżnieniu do mikroporowatych membran o właściwościach hydrofilowe mają strukturą ciągłą, dzięki czemu membrana zachowuje wodoszczelność. Odstęp między pojedynczymi cząstkami Sympatex'u są rzędu kilku dziesiątych nanometra ( $l_{nm} = 0,000001 \text{ mm}$ ). Sympatex® jest odporny na zanieczyszczenia, zatykanie brudem, pyłem i substancjami olejnymi.

**Hydrotex**® [7]- jest membraną podobnie jak Gore-tex materiałem hydrofobowym. Otrzymywany jest w wyniku powlekania tkaniny specjalnie spienionym poliuretanem, posiada kanaliki, przez które para wodna wydostaje się z wnętrza odzieży. Kanaliki są mniejsze od cząsteczki wody, a większe od cząsteczki pary wodnej. Zastosowana membrana poliuretanowa, dzięki swej unikalnej konstrukcji mikroporowatej umożliwia odprowadzenie pary wodnej na zewnątrz.

Mimo popularności i obligatoryjności normy PN - EN 343 w stosunku do odzieży ochronnej chroniącej przed opadami atmosferycznymi, na etykietach powszechnie dostępnej na rynku odzieży tzw. „outdoorowej”, przeznaczonej dla osób uprawiających sporty czy lubiących czynny wypoczynek na świeżym powietrzu, zdolność transportu wilgoci przez tekstylia określane przy pomocy parametru oznaczającego przepuszczalność pary wodnej (MVT) [g/m<sup>2</sup>/24h] (wg DIN 53 122-1/2 lub wg PN-74/P-22138) wyrażany w jednostkach [g/m<sup>2</sup>/24h] [14,15]. Parametr ten oznacza ilość pary, określonej w gramach, która dyfunduje przez powierzchnię 1 m<sup>2</sup> badanego materiału w czasie 24 godzin, przy 85% wilgotności, w temperaturze 20°C. Parametr ten, nie określa możliwości dyfuzji pary wod-

nej przez odzież w trakcie wysiłku. Dużo lepszą informację daje współczynnik RET, który określa oporność tkaniny lub układu (bielizna, kurtka) na przenikanie pary wodnej.

### Wnioski

1. Określenie „odzież oddychająca” powinno być raczej zastąpione sformułowaniem „odzież paroprzepuszczalna”, lepiej odpowiadającym rzeczywistym właściwościom tej odzieży. Podobne sugestie przedstawione były w publikacjach pracowników Hohenstein Institute (Niemcy)[16].
2. Oferowana na rynku odzież funkcjonalna, której podstawowymi właściwościami są wodoszczelność i paroprzepuszczalność, powinna być oznaczana w sposób zgodny z PN-EN 343 i wyposażona w informacje o klasach tych właściwości w celu ujednoczenia sposobu przedstawienia charakterystyki technicznej wyrobów gotowych.
3. Przepisy konserwacji powinny uwzględniać różnice w sposobie konserwacji odzieży w zależności od rodzaju użytych membran. Odzież wykonana z zastosowaniem membran mikroporowatych nie powinna być prana z użyciem płynów zmiękczających, ze względu na możliwość zacopowania mikroporów i zredukowanie właściwości paroprzepuszczalnych.
4. Wskaźnik – opór pary wodnej, wprawdzie charakteryzuje transport wilgoci w materiałach odzieżowych jedynie orientacyjnie, jednakże pozwala one na wstępną ocenę materiału w aspekcie komfortu cieplnego.
5. Wydaje się, że wymagania normy EN 343 są zaniżone i nie uwzględniają aktualnego poziomu technicznego dostępnych na rynku materiałów paroprzepuszczalnych. W związku z taką sytuacją wymagania te powinny być zweryfikowane.
6. Zdolność wyrobów odzieżowych do odprowadzania potu z powierzchni ciała użytkownika zależy nie tylko od materiałów zasadniczych zastosowanych w tej odzieży, ale również od właściwości całego zestawu składającego się na ubiór, włącznie z bielizną.

### Literatura

1. PN-EN 343:2008 *Odzież ochronna. Ochrona przed deszczem.*
2. PN-EN 340, *Odzież ochronna - Wymagania ogólne*

3. PN-EN 31092:1998/Ap1:2004 *Tekstyliia. Wyznaczanie właściwości fizjologicznych. Pomiar oporu cieplnego i oporu pary wodnej w warunkach stanu ustalonego (metoda pocącej się zaizolowanej cieplnie płyty).*
4. G. Bartkowiak, A. Marszałek *Użytkowanie nieprzepuszczalnej odzieży ochronnej – komfort pracy, Bezpieczeństwo Pracy, 3/2007*
5. G. Bartkowiak, A. Marszałek *Użytkowanie nieprzepuszczalnej odzieży ochronnej – komfort pracy, Bezpieczeństwo Pracy, 3/2007*
6. S. Brzeziński i in., *Comfort of using protective clothing, Proceedings of the International Conference on Research and standardization in the field of development and use of personal protective equipment, 2005 Sept.12-14,*
7. A.Horrocks, SC Anand, *Handbook of Technical Textiles, Woodhead Textiles Series No. 12, 426- 438, Woodhead Publishing Limited, ISBN-13: 978 1 85573 385 5, October 2000,*
8. [http://www.sympatex.com/technologien/qualitaet/pruefung\\_der\\_laminate](http://www.sympatex.com/technologien/qualitaet/pruefung_der_laminate),
9. <http://acpsolutions.co.uk/docs/comfort.pdf>,
10. *Tekstyliia dla sportu Ewa Butcher, Edward Masłowski,*
11. D. McKeown , *Fundamentals of breathability, SA-TRA-Spotlight, June 2007,*
12. <http://www.gore-tex.com.pl>,
13. <http://www.sympatex.com>
14. P. Bąk, *Przepuszczalność pary wodnej wyrobów odzieżowych według znormalizowanych w kraju metod badań porównanie i interpretacja wyznaczanych wskaźników, PRZEGLĄD WŁÓKIENNICZY - WŁÓKNO, ODZIEŻ, SKÓRA > 2007-6,*
15. R.Salerno-Kochan, *Analiza wybranych wskaźników określających zdrowotność wyrobów odzieżowych Zeszyty Naukowe nr 718 Akademii Ekonomicznej w Krakowie, 2006 Rok 127—145*
16. [www.hohenstein.de](http://www.hohenstein.de). *Research & Innovation, Clothing physiological research In the service of wear comfort.*
17. [http://www.zjura.sownet.pl/asterina/antarktyda/ma\\_117.jpg](http://www.zjura.sownet.pl/asterina/antarktyda/ma_117.jpg)
18. <http://fakty.interia.pl/galerie/kraj/oberwanie-chmury-w-witowie/zdjecie/duze,1058720>
19. <http://pl.wikipedia.org>