

Właściwości odzieży zapewniającej komfort termiczny w trakcie wędrówki górskiej na przykładzie Drogi Królewskiej w Paśmie Łysogórskim Gór Świętokrzyskich

*Clothing insulation required during mountain hiking
– case study from the Royal Route – Łysogóry Range (Świętokrzyskie Mts.)*

KRZYSZTOF JARZYNA

Instytut Geografii, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach,
25-406 Kielce, ul. Świętokrzyska 15; jarzynak@ujk.kielce.pl

Zarys treści. Wykorzystując wskaźnik przewidywanej ciepłochronności odzieży *I_{clp}* określono, jak zmieniają się wymagania względem izolacyjnych właściwości odzieży w trakcie wędrówki górskiej. Wymagania te omówiono na przykładzie Drogi Królewskiej w Łysogórach. Przewidywana ciepłochronność odzieży zmienia się w zależności od warunków meteorologicznych, wysokości bezwzględnej, pokrycia terenu i poziomu aktywności fizycznej turysty. W trakcie postoju komfort termiczny na wierzcholinie Łysogór w mroźny i wietrzny dzień zapewni tylko tzw. odzież „arktyczna”. W ciepły i słoneczny dzień wiosenny lub jesienny wystarczająca będzie tzw. odzież okresów przejściowych, u podnóża pasma może nawet odzież letnia. Przy dużej metabolicznej produkcji ciepła w trakcie wchodzenia w górę Drogą Królewską ważną kwestią okazuje się konwekcyjne unoszenie nadmiaru ciepła oraz wchłanianie potu przez odzież. Uzyskane wyniki mogą być użyteczne przy planowaniu wędrówki górskiej również w innych zalesionych górach niskich Środkowej Europy.

Słowa kluczowe: warunki biometeorologiczne, wskaźnik *I_{clp}*, Łysogóry.

Wprowadzenie

Wędrówka górkimi szlakami to – niezależnie od pory roku – doskonały sposób aktywnego spędzania wolnego czasu. W trakcie takiej wędrówki ustrój turysty nieustannie znajduje się pod wpływem środowiska atmosferycznego. Kontakt ten może wpływać korzystnie na zdrowie człowieka, przyczyniając się do jego zahartowania. Może też jednak stać się powodem przegrzania organizmu przy pogodzie ciepłej i gorącej, zwłaszcza gdy towarzyszy jej znaczny wysiłek fizyczny. Przy pogodzie chłodnej i mroźnej może z kolei dojść do wychłodzenia organizmu, a nawet do odmrożeń odkrytych części ciała (za: Błażejczyk, 2004).



<http://dx.doi.org/10.7163/PrzG.2013.1.5>

Ważnym zagadnieniem związanym z bezpiecznym dla zdrowia uprawianiem turystyki górskiej jest – zwłaszcza w chłodnej części roku – właściwy dobór ubrania: z jednej strony chroniącego od zimna, wiatru i opadów, z drugiej zaś wchłaniającego pot i przepuszczalnego dla pary wodnej („oddychającego”).

Pierwsze próby ilościowej charakterystyki termoizolacyjnych właściwości ubioru datują się na połowę XX wieku. W ich wyniku wprowadzono miarę wyrażającą izolacyjność termiczną odzieży, którą nazwano *clo* (od angielskiego *clothing*, czyli odzież). Wartość 1 *clo* odpowiada oporowi cieplnemu równemu $0,155 \text{ K}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{W}^{-1}$. Zestaw odzieży gwarantujący taki opór cieplny – np. typowa dla sezonu ciepłego odzież robocza – zapewnia komfort termiczny siedzącemu człowiekowi w temperaturze otoczenia 21°C , przy prędkości wiatru do $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ i wilgotności względnej nie większej niż 50%. Termoizolacyjne właściwości poszczególnych części garderoby i całych zestawów (tab. 1) zależne są od szeregu czynników, w tym od rodzaju, grubości i splotu tkaniny, z której są uszyte poszczególne części ubioru, ich kroju, ale też sposobu noszenia, czy liczby warstw ubioru (Błażejczyk, 1993).

Do przybliżonej oceny izolacyjnych właściwości odzieży wystarczającej do zapewnienia komfortu termicznego w danych warunkach meteorologicznych stosowany jest wskaźnik przewidywanej termoizolacyjności odzieży – *Iclp* (*Insulation predicted*), wyrażany w *clo*. Można go stosować w warunkach meteorologicznych z temperaturą powietrza nie wyższą od 20°C (Błażejczyk, 2004). W warunkach polskich można go więc wykorzystywać przeważnie w zimie i przez większą część wiosny i jesieni.

Celem niniejszej pracy jest analiza zmienności wskaźnika przewidywanej termoizolacyjności odzieży w trakcie wędrówki Drogą Królewską w Łysogórach. Wyniki można wykorzystać do określenia właściwości termoizolacyjnych odzieży odpowiedniej do bezpiecznego dla zdrowia uprawiania turystyki w okresie od października do maja w obszarze niskogórskim, takim jak Góry Świętokrzyskie.

Obszar badań i jego walory turystyczne

Łysogóry są najwyższym pasmem Gór Świętokrzyskich; osiągają w kulminacji Łysicy wysokość 612 m npm. (ryc. 1), a deniwelacje w Paśmie Łysogórskim wynoszą ponad 300 m. Liczne walory przyrodnicze czynią Pasma Łysogórskie i jego otoczenie obszarem atrakcyjnym turystycznie w skali Polski, a nawet Europy.

Do cennych walorów turystycznych Łysogór należą: pozostałości Puszczy Jodłowej, malownicze rumowiska skalne zwane gołoborzami oraz sanktuarium Świętego Krzyża powstałe na Łyścu, wschodniej kulminacji Pasma Łysogórskiego. Utworzenie tu w 1950 r. Świętokrzyskiego Parku Narodowego (ŚPN) ograniczyło wprawdzie swobodę ruchu turystycznego do wyznaczonych szlaków, ale jednocześnie sprzyja zachowaniu walorów przyrodniczych Łysogór dla przyszłych pokoleń.

Tabela 1. Podstawowa termoizolacyjność (*Icl*) wybranych części i zestawów odzieży
Basal insulation of clothing (*Icl*)

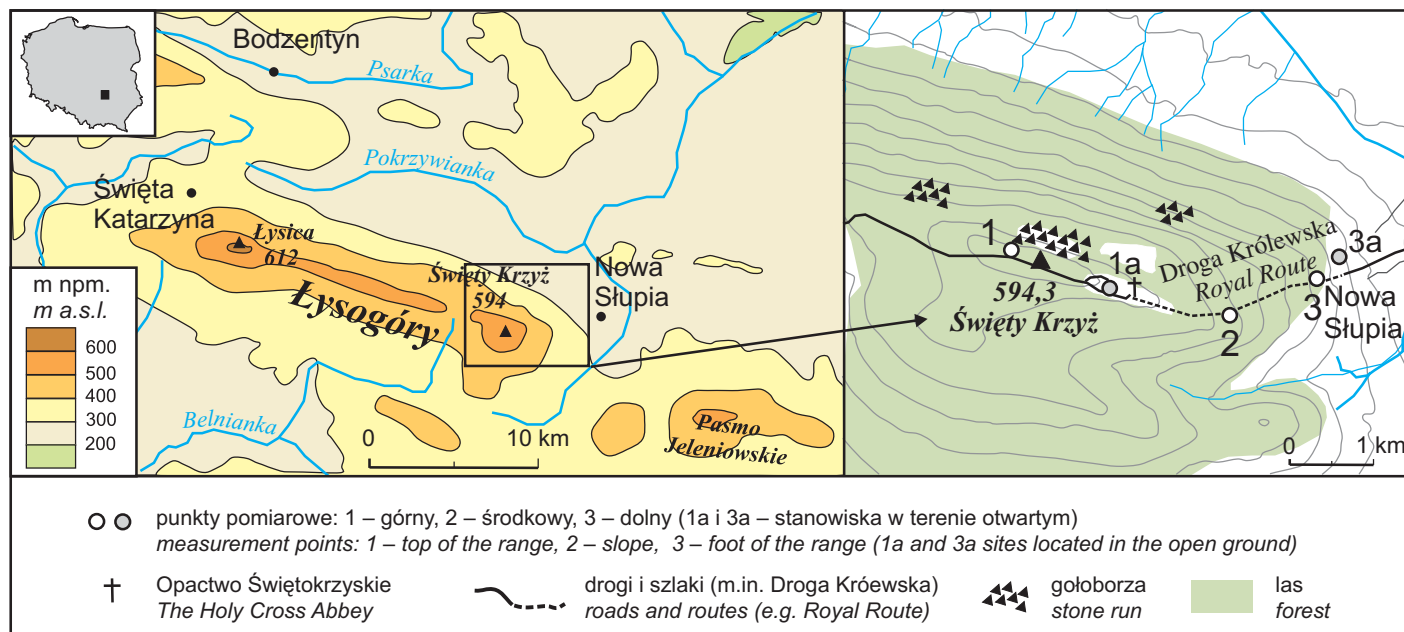
Części ubioru ¹ <i>Garments</i> ¹	<i>Icl (clo)</i>	Zestawy odzieży ² <i>Wear sets</i> ²	<i>Icl (clo)</i>
Skarpety / <i>socks</i>	0,02–0,10	odzież letnia / <i>summer wear</i>	
Rajstopy / <i>pantyhose</i>	0,02	bardzo lekka: szorty, podkoszulek <i>very light: shorts, T-shirt</i>	0,30
Podkoszulek / <i>T-shirt</i>	0,09	lekka – np. spodnie, koszula z krótkim rękawem <i>light – e.g. trousers, shirt with short sleeves</i>	0,50
Koszula z długim rękawem <i>Shirt with long sleeves</i>	0,20	zwykła – np. męski garnitur wełniany <i>typical – e.g. men's woollen suit</i>	1,00
Koszula flanelowa z długim rękawem <i>Flannel shirt with long sleeves</i>	0,25	odzież sezonów przejściowych – np. garnitur męski i kurtka <i>spring and autumn wear sets – e.g. men's suit, jacket</i>	1,50
Letnia sukienka bez rękawów <i>Light dress sleeveless</i>	0,25	jw. oraz czapka, szalik i rękawiczki <i>as above plus cap, scarf and gloves</i>	2,50
Zimowa sukienka z długimi rękawami <i>Winter dress with long sleeves</i>	0,40	odzież zimowa / <i>winter wear</i>	
Krótkie spodenki / <i>shorts</i>	0,06	lekka – garnitur męski, ciepły płaszcz, czapka, szalik i rękawiczki	3,00
Spodnie / <i>trousers (normal)</i>	0,25	<i>light – men's suit, padded coat, cap, scarf and gloves</i>	
Sweter / <i>sweater</i>	0,20–0,35	zwykła – jw. oraz ocieplana bielizna i ocieplane buty	3,50
Kurtka / <i>jacket</i>	0,25–0,35	<i>typical – as above plus thermal underwear and winter boots</i>	
Płaszcz / <i>coat</i>	0,60	arktyczna – jw. oraz futro lub kurtka puchowa zamiast płaszcza	4,00
Kurtka puchowa / <i>parka</i>	0,70	<i>arctic – as above plus fur coat or parka instead of coat</i>	

Na podstawie / According to:

¹ <http://www.engineeringtoolbox.com...>;

² B. Krawczyk (1993).

Liczbę turystów odwiedzających ŚPN oszacował I. Janowski (2002) dla początku XXI w. na około 350–400 tys. osób rocznie. Wyraźnie widoczna jest sezonowość ruchu turystycznego. Skupiony jest on w cieplej części roku, w tym zwłaszcza w maju i czerwcu, kiedy park i sanktuarium świętokrzyskie odwie-



Ryc. 1. Położenie obszaru badań i punktów pomiarowych
Study area and the location of measurement sites

dzają zorganizowane wycieczki szkolne i pielgrzymki dzieci, które przystąpiły do pierwszej komunii świętej. W chłodnej części roku ruch turystyczny jest dużo mniejszy, ale nie zamiera. W ciągu 3 weekendów maja 1999 r. grupa studentów Akademii Świętokrzyskiej w Kielcach (dzisiejszy Uniwersytet Jana Kochanowskiego) przeprowadziła pod kierunkiem I. Janowskiego badania ankietowe turystów wchodzących do ŚPN. W ich wyniku stwierdzono, że prawie 2/3 osób odwiedzających wówczas park kierowało się ku wschodniej kulminacji Łysogór, a więc do sanktuarium Świętego Krzyża i gołoborza na północnym stoku Łyśca. Większość z nich podążała na szczyt krótką i łatwą drogą z parkingu w Hucie Szklanej. Pozostali wybierali bardziej wymagający, ale atrakcyjniejszy szlak – Drogę Królewską z Nowej Słupi.

Długość Drogi Królewskiej wynosi około 2 km. Wędrując nią pokonujemy różnicę wzniesień około 300 m, średnie nachylenie szlaku wynosi więc blisko 12%, chociaż lokalnie jest większe. Nazwa pochodzi stąd, że korzystali z niej polscy monarchowie, pielgrzymujący do sanktuarium relikwii Świętego Krzyża, będącego najważniejszym celem pielgrzymek na ziemiach polskich w wiekach średnich i na początku ery nowożytnej – rycina 1 (*Monografia...*, 2000).

Materiały i metody opracowania

Wzdłuż wspomnianej Drogi Królewskiej ulokowane zostały 3 stanowiska pomiarowe wykorzystane w ocenie zmienności przewidywanej termoizolacyjności odzieży w trakcie wędrowki na szczyt Łyśca (ryc. 1, 2). Wszystkie punkty znajdowały się w lesie. Punkt dolny był ulokowany na wysokości 380 m npm., kilkadziesiąt metrów za bramą wejściową ŚPN, punkt środkowy na 475 m npm., górny zaś zlokalizowano w rejonie kulminacji Łyśca (594 m npm.).

Pomiary prowadzone były w ciągu kilku dni wybranych z okresu od czerwca 2009 do grudnia 2010 r., od godziny 8:00 czasu urzędowego do zachodu Słońca. Wykonywano je co pół godziny, tylko 30.12.2010 r. pomiary na stanowisku dolnym i górnym wykonywano co godzinę z powodu ograniczonej liczby obserwatorów. Na potrzeby niniejszego opracowania wybrano pomiary z: 24 i 25.10.2009, 1.03.2010, 21.05.2010, 12.10.2010 i 30.12.2010 r., reprezentujących jesień, zimę i wiosnę.

Aby ocenić, na ile warunki pogodowe w analizowanych dniach były typowe dla obszaru badań określono panujący wtedy na wierzchowinie Łysogór typ pogody zgodnie z klasyfikacją Fiedorowa-Czubukowa (na podstawie: Kossowska-Cezak i inni, 2000). Następnie, opierając się na niepublikowanych wynikach badań J. Gorajskiej (2010) określono, jak często stwierdzone typy pogody występowały w tym miejscu w poszczególnych miesiącach chłodnej części roku w okresie 1997–2006. W charakterystyce warunków cyrkulacyjno-synoptycznych tych dni wykorzystano archiwalne komentarze synoptyka ze strony internetowej Interdyscyplinarnego Centrum Modelowania Matematycznego UW (<http://new.meteo.pl/komentarze...>) oraz mapy pogody w Europie udostępniane on-line przez Rhe-

nish Institute for Environmental Research, jednostkę Uniwersytetu w Kolonii (<http://db.eurad.uni-koeln.de>).

Do obliczenia wartości wskaźnika przewidywanej termoizolacyjności odzieży I_{clp} posłużyły dane temperatury powietrza mierzone za pomocą psychrometru aspiracyjnego Assmanna i prędkości wiatru mierzone anemometrem ręcznym Techoline Ltd. EA-3010. Czujniki przyrządów znajdowały się na wysokości 1,3 m nad podłożem. Taki dobór wysokości wynikał z jednej strony z tego, że odpowiada ona poziomowi, na którym znajdują się ważne organy wewnętrzne człowieka, z drugiej zaś – ze sposobu przeprowadzania pomiarów (zawieszenie przyrządów na uchwytych przytwierdzonych do wbitej w grunt tyczki – ryc. 2). Dzięki umieszczeniu przyrządów na wspomnianej wysokości odczyt temperatury powietrza i prędkości wiatru był łatwy dla stojącego obok obserwatora.

Wartości wskaźnika I_{clp} obliczono za pomocą zmodyfikowanego wzoru Burtona i Edholma (za: Błażejczyk, 2004):

$$I_{clp} = \frac{0,082 \cdot [91,4 - (1,8 \cdot t + 32)]}{(0,01724 \cdot M)} - \frac{1}{0,61 + 1,9 \cdot v^{0,5}}$$

gdzie: t – temperatura powietrza ($^{\circ}\text{C}$),

v – prędkość wiatru ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$),

M – metaboliczna produkcja ciepła ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$).

Obliczenia przeprowadzono dla dwóch wartości metabolicznej produkcji ciepła: $70 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ odpowiadającej metabolizmowi człowieka stojącego i $270 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ odpowiadającej metabolizmowi człowieka, który z prędkością $3,2 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ idzie bez obciążenia w górę po stoku o nachyleniu 15%, a więc nieco większym niż średnio na Drodze Królewskiej (za: Błażejczyk, 2004).

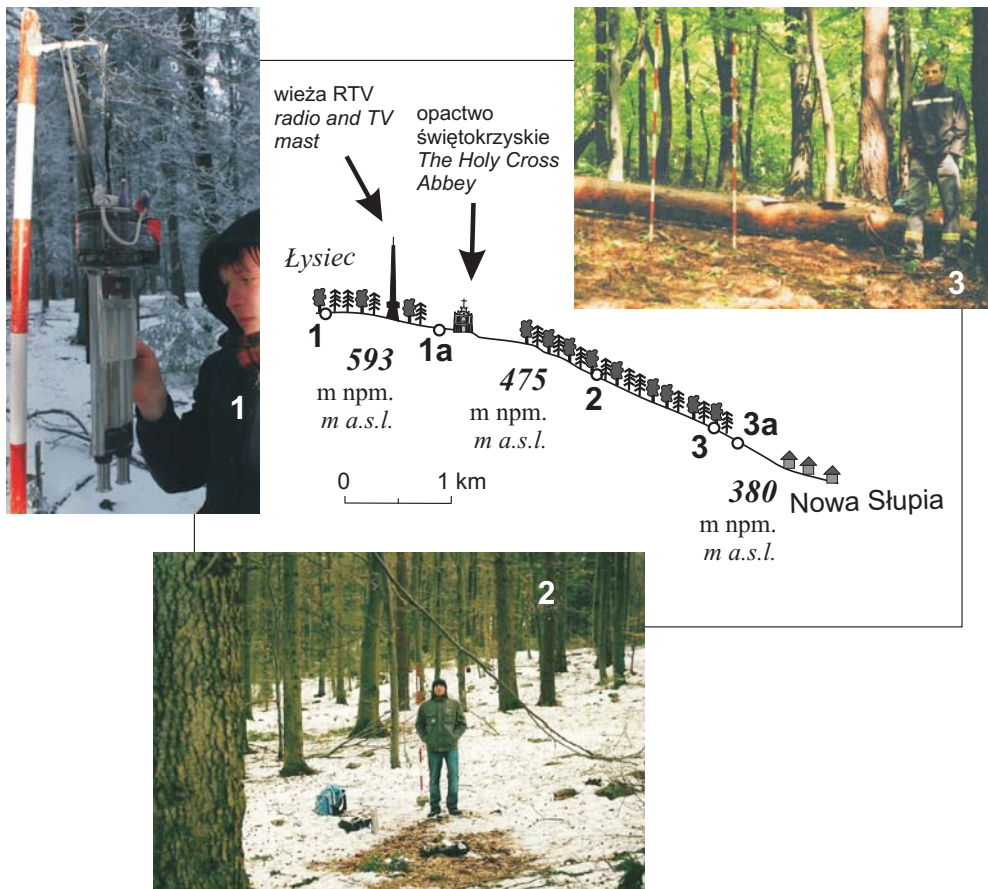
Obliczone wartości interpretowano dwojako. Po pierwsze na ich podstawie oceniono zróżnicowanie środowiska termicznego w profilu Pasma Łysogórskiego na podstawie skali zaproponowanej przez K. Błażejczyka (2004):

I_{clp} (clo)	środowisko termiczne
<0,30	bardzo ciepłe
0,31–0,80	ciepłe
0,81–1,20	neutralne
1,21–2,00	chłodne
2,01–3,00	zimne
3,01–4,00	bardzo zimne
>4,00	arktyczne.

Po drugie, traktowano je jako wskazówki dotyczące termoizolacyjnych właściwości odzieży niezbędnej w wędrówce Drogą Królewską na szczyt Łyśca w chłodnej części roku.

Średnie wartości wskaźnika I_{clp} na podstawie wszystkich obserwacji w danym dniu obliczono oddzielnie na każdym z 3 stanowisk. Istotność statystyczną różnic pomiędzy wartościami średnich z pomiarów na poszczególnych stanowiskach badano testem t-Studenta dla poziomu istotności 0,05. Obliczenia te wykonano oddzielnie dla każdego z analizowanych dni.

W związku z niedostateczną liczbą obserwatorów nie prowadzono ciągłych pomiarów w terenie otwartym, gdzie z jednej strony można spodziewać się wzrostu ochładzającego oddziaływania wiatru, z drugiej zaś dopływ bezpośredniego promieniowania słonecznego zwiększał odczucie ciepła. W niektórych dniach pomiarowych udało się jednak wykonać kilka pomiarów temperatury powietrza



Ryc 2. Profil wysokościowy wschodniego skłonu Pasma Łysogórskiego: 1–3 – punkty pomiarowe, numery 1a i 1b odnoszą się do punktów zlokalizowanych w terenie otwartym

Topographic profile of the eastern slope of the Łysogóry Range: 1–3 – measurement points, numbers 1a and 1b denotes measurement points located in open area

Fot. / Photo: D. Falkiewicz (1), K. Jarzyna (2, 3).

i prędkości wiatru na parkingu położonym przy wejściu do ŚPN, blisko stanowiska w dolnej części Drogi Królewskiej oraz na wierzchowinie Łysogór, w sąsiedztwie muzeum ŚPN (punkty 1a i 3a na ryc. 1 i 2).

Należy oczywiście pamiętać, że w indywidualnych przypadkach rzeczywiste wartości wskaźnika mogą różnić się od obliczonych w opracowaniu. W przedstawionym powyżej równaniu zastosowano bowiem wartości metabolicznej produkcji ciepła odnoszące się do tzw. „średniego człowieka” (wiek 30 lat, wzrost 175 cm, waga 75 kg). W przypadku osób znacznie odbiegających od tych parametrów wartości rzeczywistego wydatku energetycznego mogą być inne (Błażejczyk, 1993).

Wyniki

W miesiącach jesiennych pomiary prowadzono 24 i 25 października 2009 r. oraz 12 października 2010 r.

W dniu 24.10.2009 r. pogoda w Polsce kształtowała się pod wpływem ustępującego na południowy wschód ośrodka niżowego i rozbudowującego się wyżu znad Morza Białego. Wyż ten osłabł w dniu kolejnym ustępując miejsca aktywnemu niżowi, przemieszczającemu się powoli z zachodu nad Morze Północne. W ciągu obu dni zachmurzenie było duże; 24.10. występowały opady deszczu. Temperatura powietrza w Polsce osiągnęła maksymalnie około 7°C w dniu 24.10.2009 r. i około 10°C następnego dnia (<http://db.eurad.uni-koeln.de>, <http://new.meteo.pl/komentarze...>).

W pierwszym z analizowanych dni występowała pogoda deszczowa, którą w miesiącach jesiennych (IX-XI) w okresie 1997–2006 obserwowano średnio w 25% dni. Pogodę w dniu kolejnym określono jako pochmurną bez opadów; ten typ pogody występował na Świętym Krzyżu jesienią w okresie 1997–2006 średnio przez 12% dni (Gorajska, 2010).

W dniu 12.10.2010 r. pogoda kształtowana była przez ośrodek wyżowy znad Szetlandów, sięgający klinem aż nad Morze Czarne. Zapewnił on w Polsce pogodę słoneczną, ale niezbyt ciepłą – temperatura powietrza nieznacznie przekraczała 10°C (<http://db.eurad.uni-koeln.de>, <http://new.meteo.pl/komentarze...>).

W Łysogórach tego dnia panowała pogoda słoneczna, umiarkowanie wilgotna, która obok pogody deszczowej jest najczęściej tam obserwowanym jesienią typem pogody – średnio w 25% dni w okresie 1997–2006 (Gorajska, 2010).

W ciągu dni reprezentujących jesień wartości wskaźnika *Iclp* na stanowisku dolnym i środkowym były podobne i zawierały się przez większość czasu pomiarów w przedziale od 1,10 do 2,00 clo dla człowieka stojącego (ryc. 3). Odpowiadało to warunkom neutralnego i chłodnego środowiska termicznego. Tylko kilka razy w nieco chłodniejszym dniu 12.10.2010 na stanowisku dolnym wartości *Iclp* wzrosły powyżej 2,00 clo w następstwie dotarcia słabych podmuchów wiatru do dna lasu. Najmniejszą zmienność wskaźnika zanotowano w cią-

gu pochmurnego i deszczowego dnia 24.10.2009 (około 0,20 clo). Największe zmiany wartości przewidywanej termoizolacyjności odzieży (0,50–1,00 clo) obserwowano 12.10.2010 r., który w związku z pogodą wyżową cechował się największą amplitudą temperatury powietrza w trakcie pomiarów. Na stanowisku dolnym wyniosła ona w tym dniu 4,3°C, a na stanowisku górnym 3,6°C, podczas gdy w dniu 24.10.2009 r. wartości te wynosiły odpowiednio 1,3°C i 0,4°C.

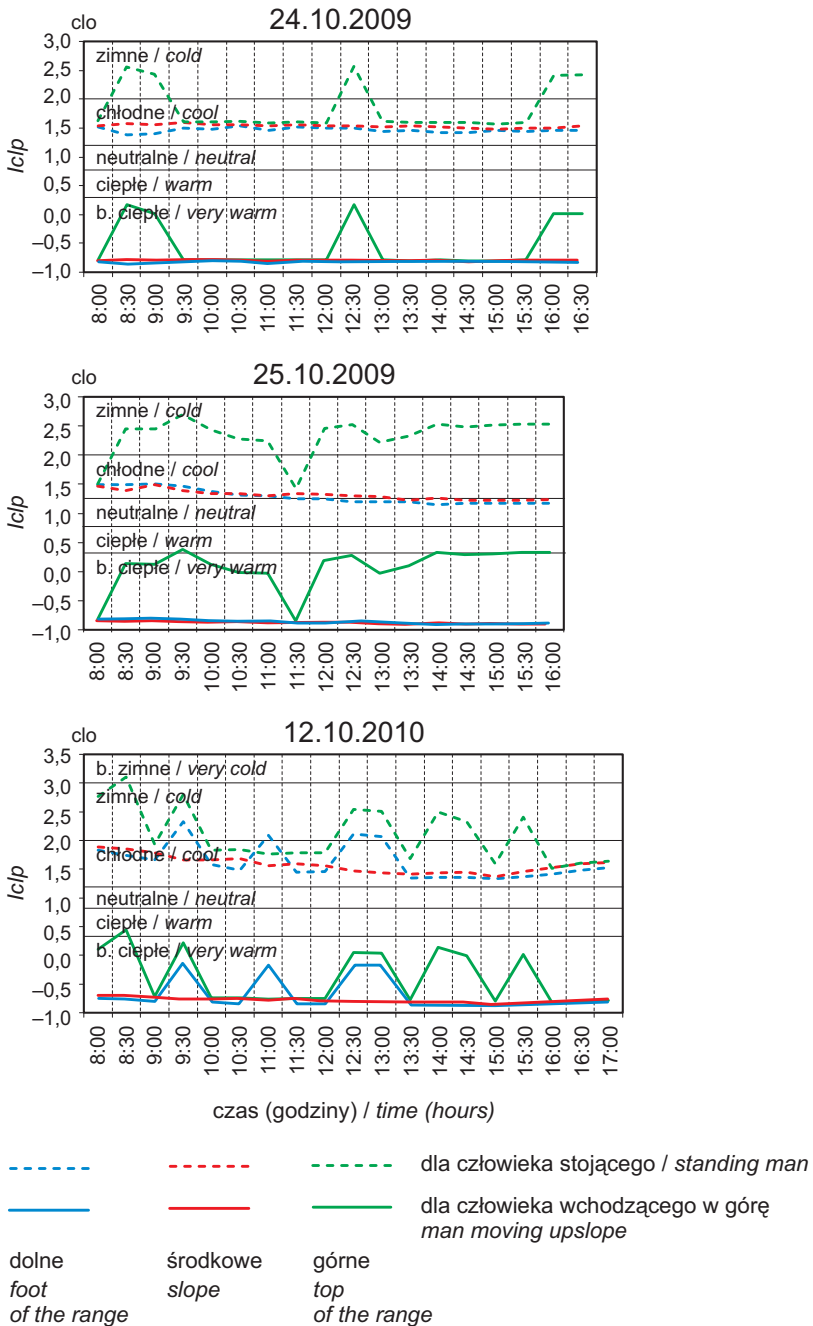
Znacznie wyższe i bardziej zmienne wartości wskaźnika obserwowano na stanowisku na wierzchowinie pasma. W dniach 24 i 25.10.2009 r. osiągały one 2,50 clo, zaś 12.10.2010 r. kilkakrotnie przekroczyły 3,00 clo (ryc. 3). Innymi słowy, gdy u podnóża i na stoku Łysogór występowały warunki chłodnego środowiska termicznego, na wierzchowinie obserwowano warunki zimne, a nawet bardzo zimne. Tylko różnice wartości *Iclp* pomiędzy wartościami na wierzchowinie i na niżej położonych stanowiskach – wynoszące średnio 0,40–1,00 clo – były istotne statystycznie na poziomie 0,05. Tak znaczny wzrost wartości *Iclp* na stanowisku górnym należy wiązać z ochładzającym wpływem wiatru. We wszystkich analizowanych jesiennych dniach na stanowisku dolnym i środkowym obserwowano ciszę lub słabe podmuchy wiatru (średnia prędkość wiatru $<0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) przez cały czas prowadzenia pomiarów. W tym czasie na stanowisku górnym prędkość wiatru zmieniała się w zakresie od 0,0 do $0,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Przy dość dużym wysiłku związanym z szybkim wchodzeniem Drogą Królewską na Święty Krzyż wartości wskaźnika zmniejszały się znacząco i poza stanowiskiem górnym w większości przypadków były ujemne. Odpowiadały warunkom bardzo ciepłego i ciepłego środowiska termicznego (ryc. 3).

W zimowym dniu 30 grudnia 2010 r. pogodę nad Polską kształtował niż znad północnej Białorusi, na jego zachodnim skraju występowała adwekcja arktycznego powietrza z północnego zachodu. W całym kraju panowała pochmurna, wietrzna pogoda, z temperaturą powietrza przez cały dzień poniżej 0°C (<http://db.eurad.uni-koeln.de>, <http://new.meteo.pl/komentarze...>).

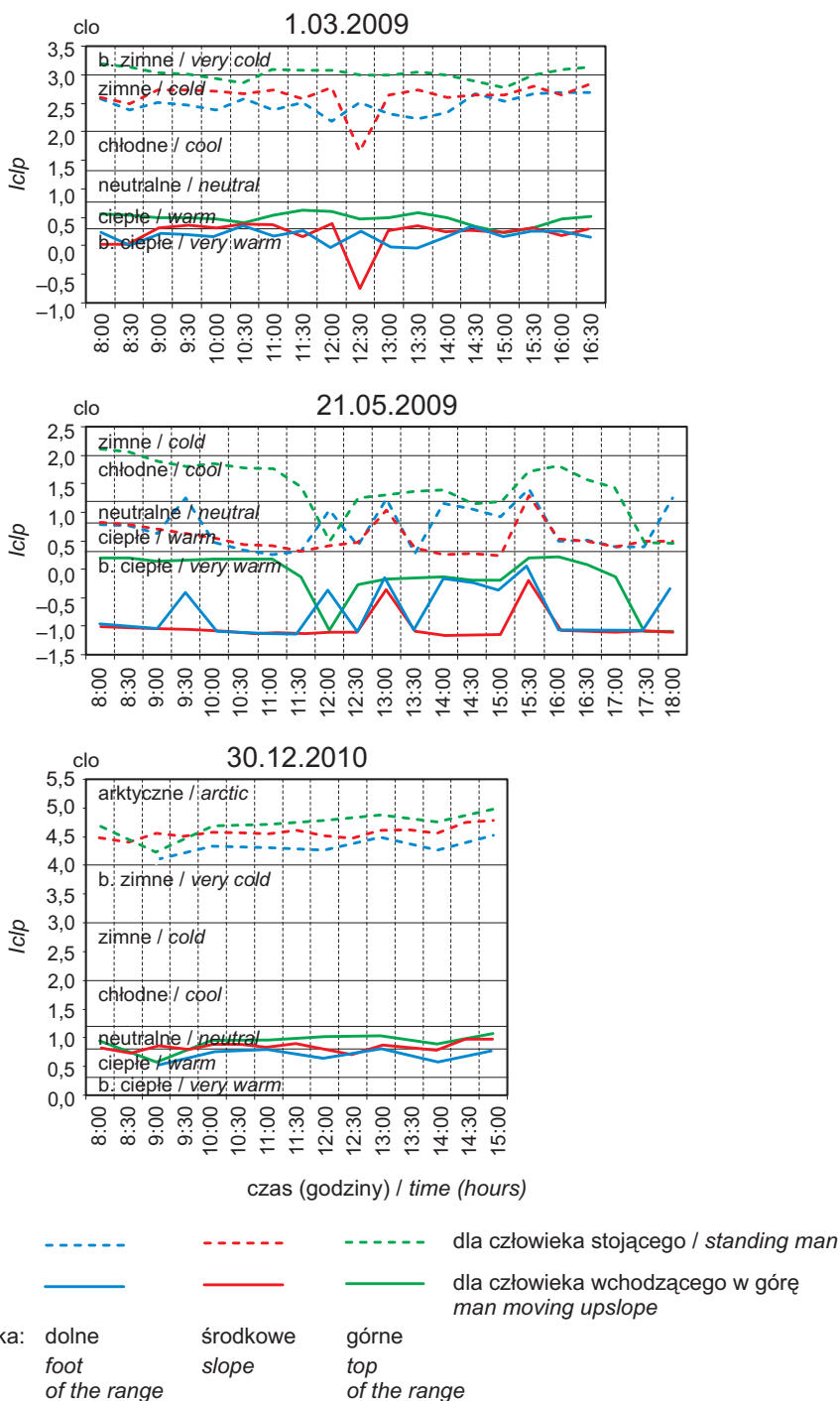
W wierzchowinowej partii Łysogór panowała wówczas pogoda umiarkowanie mroźna, pochmurna z wiatrem. Pogoda umiarkowanie mroźna była tam w miesiącach zimowych (XI–II) dziesięciolecia 1997–2006 obserwowana prawie w połowie dni, w odmianie pochmurnej z wiatrem w około 10% dni (Gorajska, 2010).

W dniu 30.12.2010 r. wartość *Iclp* wynosiła we wszystkich punktach dla osoby stojącej ponad 4,00 clo (ryc. 4), odpowiadała więc warunkom arktycznego środowiska termicznego. U podnóża pasma wskaźnik *Iclp* wynosił w tym dniu średnio 4,34 clo, w środkowej części stoku 4,60 clo, a na wierzchowinie Pasma Łysogórskiego 4,76 clo. Różnice wartości średnich pomiędzy poszczególnymi punktami były niezbyt wielkie, ale pomiędzy stanowiskiem górnym i położonymi niżej istotne statystycznie na poziomie 0,05. W związku z charakterem pogody – pochmurnej i dość wietrznej – wartości wskaźnika niewiele (do 0,50 clo) zmieniały się w ciągu pomiarów (ryc. 4).



Ryc. 3. Przebieg wskaźnika I_{clp} w ciągu pomiarów w wybranych dniach w październiku 2009 i 2010 r.

Course of the I_{clp} Index during measurements on some days in October 2009 and 2010



Ryc. 4. Przebieg wskaźnika *Iclp* w ciągu pomiarów w wybranych dniach 2009 i 2010 r.
Course of the *Iclp* Index during measurements on chosen days in 2009 and 2010

Przy dosyć szybkim marszu pod górę, wartości wskaźnika *Iclp* były znacznie mniejsze – nieco poniżej 1,00 clo. W przypadku stanowiska dolnego (średnio 0,71 clo) odpowiadają one warunkom ciepłego środowiska termicznego, zaś w środkowej i górnej części Pasma Łysogórskiego (średnio 0,91 clo) – środowiska termicznie neutralnego. Różnica między stanowiskami jest więc nieduża – 0,20 clo, ale istotna statystycznie na poziomie 0,05.

W dniu 1 marca 2010 r. pogodę w Polsce kształtował ośrodek niżowy znajdujący się wówczas nad południowym Bałtykiem i związany z nim nieco już osłabiony orkan Xynthia. Maksymalna dobowa temperatura powietrza w południowo-wschodniej Polsce wynosiła około 7°C (<http://db.eurad.uni-koeln.de>, <http://new.meteo.pl/komentarze...>). Wiatr podczas pomiarów osiągał w dnie lasu na stanowisku górnym prędkość do 2 m·s⁻¹, zachmurzenie zmieniało się od małego do umiarkowanego, nie zanotowano opadów.

W dniu tym wystąpiła pogoda słoneczna, umiarkowanie wilgotna, w zimie obserwowana bardzo rzadko (3% dni), dużo jednak częstsza w miesiącach wiosennych (III–V) – średnio w 28% dni (Gorajska, 2010). Pomiarzy z 1 marca 2010 r. można więc z racji ich daty i warunków pogodowych traktować jako charakterystyczne dla chłodnego dnia wiosennego lub okresu odwilży zimowej.

Wartości *Iclp* w dniu 1 marca 2010 r. wynosiły dla człowieka stojącego średnio około 2,50 clo na stanowisku dolnym i środkowym oraz około 3,00 clo na stanowisku górnym (ryc. 4). Odpowiadały więc warunkom zimnego, a na wierzchowinie bardzo zimnego środowiska termicznego. Różnice wartości wskaźnika oczekiwanej termoizolacyjności odzieży są istotne statystycznie na poziomie 0,05. W przypadku szybkiego marszu w górę Drogą Królewską wartości *Iclp* są mniejsze: od około 0,20 clo na początku i w połowie trasy wędrówki do około 0,50 clo blisko wierzchowiny (ryc. 4), odpowiadając warunkom bardzo ciepłego i ciepłego środowiska termicznego. Kilkakrotnie obserwowano ujemne wartości wskaźnika, ale poza górnym punktem pomiarowym. Różnice wartości średnich są – oprócz różnicy między wartością wskaźnika na stanowisku dolnym i środkowym – istotne statystycznie na poziomie 0,05. Zmienność wartości wskaźnika w ciągu dnia była niewielka, mimo wyraźnego dobowego przebiegu temperatury powietrza z najniższymi wartościami rano i wieczorem. Wynikało to ze znacznych i nieregularnych zmian prędkości wiatru tego dnia.

W dniu 21 maja 2010 r. pogodę w Polsce kształtował wyż znad Szkocji. Było słonecznie, rozwijały się chmury kłębiaste, a temperatura powietrza w wielu miejscach przekroczyła 20°C (<http://db.eurad.uni-koeln.de>, <http://new.meteo.pl/komentarze...>).

Na wierzchowinie Pasma Łysogórskiego także była pogoda słoneczna, umiarkowanie wilgotna, chociaż zdecydowanie cieplejsza niż na początku marca. Jak już wspomniano, jest to typ pogody częsty w miesiącach wiosennych (Gorajska, 2010). Wartości *Iclp* w przypadku człowieka stojącego wynosiły: na stanowisku dolnym średnio 0,73 clo, na środkowym 0,54 clo i na górnym średnio

1,47 clo (ryc. 4). W dolnej i środkowej części Drogi Królewskiej odpowiadały zatem warunkom ciepłego środowiska termicznego, zaś na dużo bardziej wietrznej wierzchowinie Łysogór – środowiska chłodnego. Różnice wartości pomiędzy wierzchowiną i niższymi partiami Drogi Królewskiej są istotne statystycznie na poziomie 0,05. W dniu tym wyraźnie zaznaczył się spadek wartości *Iclp* w godzinach przedpołudniowych i zjawisko odwrotne późnym popołudniem (ryc. 4). Równocześnie jednak za największe zmiany *Iclp* w ciągu tego dnia odpowiadała zmienność prędkości wiatru. Jej chwilowe spadki na stanowisku górnym i wzrost na niżej położonych stanowiskach zmieniały wartości wskaźnika nawet o 1,00 clo pomiędzy kolejnymi pomiarami. Wartości *Iclp* dla osoby szybko wchodzącej pod górę odpowiadały warunkom bardzo ciepłego środowiska termicznego. Tylko na stanowisku górnym występowały w tym dniu dodatnie wartości wskaźnika *Iclp* (ryc. 4).

Jak wspomniano we wcześniejszej części pracy, w niektórych dniach pomiarowych udało się wykonać również kilka pomiarów temperatury powietrza i prędkości wiatru w terenie otwartym, zarówno na wierzchowinie Pasma Łysogórskiego, jak i u jego podnóża. W większości przypadków wyższe wartości wskaźnika *Iclp* występowały w lepiej przewietrzanym terenie otwartym, i to mimo często obserwowanej tam wyższej temperatury powietrza niż pod koronami drzew (tab. 2). Największe różnice – przekraczające 1,00 clo – dotyczyły sytuacji, gdy w lesie występowała cisza, podczas gdy na zewnątrz wiał, nawet niezbyt silny wiatr.

Tabela 2. Porównanie wartości przewidywanej termoizolacyjności odzieży *Iclp* (clo) w terenie otwartym i w lesie

Comparison of the insulation predicted *Iclp* (clo) in a forest and open ground

Dzień <i>Date</i>	Godzina <i>Time</i>	Podnóże pasma <i>Foot of the range</i>		Wierzchowiną <i>Top of the range</i>	
		las <i>forest</i>	teren otwarty <i>open ground</i>	las <i>forest</i>	teren otwarty <i>open ground</i>
24.10.2009	8:00	1,52	2,74	–	–
24.10.2009	14:00	1,42	2,18	1,64	2,71
25.10.2009	8:00	1,49	1,37	–	–
25.10.2009	13:00	1,20	1,05	2,23	2,62
25.10.2009	16:00	1,17	1,10	–	–
1.03.2010	13:00	–	–	3,06	3,23
21.05.2010	8:00	0,78	1,98	2,14	2,20
21.05.2010	14:00	1,16	1,19	1,42	1,50
21.05.2010	17:00	0,39	1,40	–	–
12.10.2010	14:00	1,36	2,48	–	–
12.10.2010	17:00	1,53	2,40	–	–

Dyskusja wyników

Analizując uzyskane wyniki można stwierdzić, że wymagania co do właściwości termoizolacyjnych odzieży były różne w zależności od tego, w jakiej porze roku prowadzono pomiary.

W warunkach pogody umiarkowanej mroźnej i wietrznej (30.12.2010) w trakcie postoju komfort termiczny zapewni tzw. ciężka odzież „arktyczna” o termoizolacyjności większej niż 4,00 clo (ryc. 4). Standardem zapewniającym taką ochronę przed chłodem jest kilkuwarstwowy ubiór z aktywną bielizną oraz kurtką wewnętrzną i zewnętrzną. Za zapewnienie komfortu termicznego w zestawie odzieży odpowiada głównie wewnętrzna ciepła kurtka polartecowa oraz ocieplane spodnie izolujące warstwę powietrza przy skórze od chłodniejszego środowiska zewnętrznego. Typ pogody występujący na wierzchowinie Łysogór 30 grudnia 2010 r. średnio pojawia się w ciągu zimy przez 10% dni (za: Gorajska, 2010). Gdyby założyć wystąpienie pogody umiarkowanej mroźnej przy braku wiatru, przewidywana termoizolacyjność odzieży wynosiłaby w Paśmie Łysogórskim 3,10–3,50 clo dla człowieka stojącego. Pogoda umiarkowanej mroźna (z wiatrem lub bez) występuje w obszarze badań z częstością około 50%. Można więc uznać wartość 3,10–3,50 clo za minimalną wielkość termoizolacyjności odzieży zapewniającej komfort termiczny człowiekowi stojącemu w okresie zimowym w Łysogórach. Taką termoizolacyjność zapewnia lekka odzież zimowa – też kilkuwarstwowa, ale mniej ciepłochronna (3,00–3,50 clo) niż odzież „arktyczna”.

Warunki pogodowe w okresie jesiennym reprezentowały trzy dni: 24 i 25 października 2009 r. i 12 października 2010 r. Na wierzchowinie Łysogór obserwowano wówczas 3 typy pogody, które średnio w latach 1997–2006 występowały w tej porze roku w ciągu ponad 60% dni. Na stanowisku dolnym i środkowym, gdzie *Iclp* zawierała się dla człowieka stojącego w przedziale od 1,15 do 2,00 clo (ryc. 3), komfort termiczny zapewni odzież typowa dla sezonów przejściowych. Na stanowisku górnym, zwłaszcza przy silnym wietrze, wartość *Iclp* wzrasta do 2,50 clo i więcej (ryc. 3). Wskazuje to, że w okresie jesiennym w trakcie wędrowki w Łysogórach nie należy zapominać o nakryciu głowy i rękawiczkach oraz o kurtce chroniącej od wiatru i deszczu, gdyż według J. Gorajskiej (2010) średnio co 4 dzień jest deszczowy.

Zarówno 1 marca 2010, jak i 21 maja 2010 r. wystąpiła pogoda słoneczna, umiarkowanie ciepła, obserwowana w ciągu wiosny średnio w ponad 25% dni. W ciągu dość chłodnego i wietrzego dnia 1 marca komfort termiczny człowiekowi stojącemu zapewniał zestaw odzieży o termoizolacyjności około 2,10–3,20 clo, a więc lekka odzież zimowa. W ciepłym dniu 21 maja do komfortu termicznego człowiekowi stojącemu wystarczał u podnóża Łysogór lekki ubiór letni (spodnie długie i koszula z krótkim rękawem). W górnych partiach pasma

wartości I_{clp} wzrastały do ponad 1,50 clo, wskazując na konieczność posiadania dodatkowego okrycia, np. kurtki chroniącej przed wiatrem. Widoczne jest więc duże zróżnicowanie wymagań termoizolacyjnych względem odzieży przy tym samym typie pogody. Obok różnicy warunków termicznych między 1.03 i 21.05.2010 r. (około 10,0°C) istotny wpływ miała też różnica prędkości wiatru. Na stanowisku górnym średnia prędkość wiatru w trakcie pomiarów w dniach 1.03 i 21.05.2010 wynosiła odpowiednio: 1,0 m·s⁻¹ i 0,5 m·s⁻¹.

Różnice prędkości wiatru w profilu wysokościowym Łysogór znajdują odbicie w zróżnicowaniu wymaganej ciepłochronności odzieży w profilu wysokościowym pasma, a więc w trakcie wycieczki Drogą Królewską na Święty Krzyż, także w pozostałych analizowanych dniach. Były różne w poszczególnych dniach; przekraczały jednak 0,40 clo pomiędzy punktami u podnóża pasma i na jego wierzcholinie. Mniejsze różnice występowały między warunkami na stanowisku dolnym i środkowym – z reguły ≤0,20 clo. Różnice te może zrekompensować użycie dodatkowej części garderoby o podwyższonej ciepłochronności (np. koszuli z długim rękawem lub kurtki przeciwwiatrowej), po osiągnięciu wierzcholiny Łysogór (<http://www.engineeringtoolbox.com...>).

W analizowanych dniach można wyróżnić 2 typy pionowego rozkładu I_{clp} w Paśmie Łysogórskim. Stopniowy wzrost przewidywanej termoizolacyjności odzieży wraz ze wzrostem wysokości bezwzględnej widoczny był w dniach 1 marca i 30 grudnia 2010 r. Drzewa były wówczas bezlistne i wiatr bez przeszkód docierał do dna lasu. W pozostałych dniach, kiedy drzewa liściaste i krzewy były ulistnione, różnice przewidywanej ciepłochronności odzieży między stanowiskiem dolnym i środkowym były niewielkie; zdarzało się też, że to właśnie na najbardziej zacisznym stanowisku środkowym wartości I_{clp} były w danym dniu średnio najniższe. Wzrost wartości wskaźnika I_{clp} zaznaczał się w tych dniach dopiero na stanowisku górnym. Podkreśla to wspomnianą już dużą rolę wiatru w kształtowaniu warunków bioklimatycznych. Najbardziej wietrzne warunki, zwiększające wymagania względem ciepłochronności odzieży zapewniającej komfort termiczny, były obserwowane na wierzcholinie Łysogór.

W warunkach niewielkiego zachmurzenia ogólnego nieba (np. 12.10.2010) wyraźnie zaznaczała się również zmienność wartości wskaźnika I_{clp} w ciągu dnia, z wartościami w godzinach popołudniowych niższymi od tych z początku pomiarów nawet o 0,50 clo (ryc. 3). W odniesieniu do warunków panujących na wierzcholinie Pasma Łysogórskiego obserwowany wzrost temperatury powietrza nie gwarantował jednak spadku wymaganej termoizolacyjności w godzinach popołudniowych w stosunku do porannych. Wahania I_{clp} w ciągu dnia zależały tam bowiem przede wszystkim od skokowych zmian prędkości wiatru, wynoszących pomiędzy kolejnymi pomiarami nawet 1,5 m·s⁻¹.

Wzrost metabolicznej produkcji ciepła związany z wędrówką Drogą Królewską w górę stoku powoduje znaczny spadek wartości I_{clp} . W odniesieniu do najchłodniejszego z analizowanych dni – 30.12.2011 r. – można stwierdzić, że na

początku wędrówki komfort termiczny zapewniłby letni lekki ubiór sportowy, wyżej zaś bluza lub cienka kurtka. W pozostałych dniach pomiarowych u podstawy i w połowie wysokości Pasma Łysogórskiego często występowały ujemne wartości wskaźnika *Iclp*. Sugeruje to, że nawet nagi turysta odczuwałby dyskomfort gorąca wchodząc szybko Drogą Królewską. Wyniki te należy jednak traktować ostrożnie – sugerują one jedynie, że w związku ze zmieniającą się metaboliczną produkcją ciepła odczucie cieplne w trakcie wędrówki będzie się znacznie zmieniać. Trzeba się więc zatroszczyć o to, żeby w trakcie wysiłku ułatwić utratę nadmiaru ciepła w procesie unoszenia (konwekcji) i parowania potu, np. rozpinając kurtkę lub zaprojektowane w niej wywietrzniki. W takiej sytuacji kluczowe znaczenie zyskuje wchodząca w skład zestawu odzieży turystycznej chłonna pot „aktywna” bielizna, a w najchłodniejsze lub deszczowe dni – kurtka zewnętrzna z membraną przepuszczalną dla pary wodnej. Dzięki nim pod ochronną warstwą odzieży nie gromadzi się pot. Trzeba przy tym nadmienić, że na internetowych forach miłośników wędrówek i wspinaczki górskiej dyskutowany jest w ostatnich latach problem właściwego doboru kurtki zewnętrznej pod kątem jej przepuszczalności dla pary wodnej (np. <http://dolomity-wspinanie.pl/...>). Zamiast tradycyjnej kurtki zewnętrznej typu hardshell z wodoodporną membraną np. Goretex polecane są lepiej „oddychające” okrycia wierzchnie typu sofhell. Warto jednak pamiętać, że chronią one przed deszczem słabiej niż tradycyjna kurtka z membraną.

Ważne jest także, że Droga Królewska jest szlakiem niedługim – wędrując nią na wierzchowinę Łysogór i z powrotem nie musimy więc forsować dużego tempa marszu, nawet gdy dzień jest krótszy niż 8 godzin. Ponadto spacer Drogą Królewską – to nie tylko wchodzenie w górę stoku. Na wierzchowinie Łysogór, np. w trakcie postoju na platformie widokowej na gołoborzu, jak również przy schodzeniu Drogą Królewską metaboliczna produkcja ciepła jest mniejsza, zatem większe wymagania co do ciepłochronności odzieży.

Przedstawione powyżej wskazówki dotyczące termoizolacyjnych właściwości ubioru zapewniającego komfort termiczny mogą być również pomocne przy planowaniu wędrówki górskiej w niektórych innych obszarach górskich Polski. Podobne wysokości bezwzględne i względne oraz temperatura powietrza w chłodnej części roku charakteryzują Beskid Niski oraz niektóre niższe pasma Sudetów (Olszewski i inni, 2000). Tam wędrówka może jednak trwać dłużej niż na Drodze Królewskiej, gdzie po osiągnięciu wierzchowiny można odpocząć i ogrzać się bądź w muzeum ŚPN, bądź w barze na terenie opactwa świętokrzyskiego. Jeśli nie ma takiej możliwości, długotrwały wysiłek fizyczny na przemian z chwilami odpoczynku może zwiększyć podatność organizmu na wychłodzenie (Castellani i inni, 2001).

Autor nie zetknął się do tej pory z wynikami badań wykorzystujących wskaźnik *Iclp* w analizie naturalnych uwarunkowań uprawiania turystyki górskiej w Polsce. W ocenie przestrzennego (w profilu wysokościowym pasma gór-

skiego) zróżnicowania warunków uprawiania turystyki pieszej stosowano np. sumaryczny wskaźnik oceny warunków pogodowych *WEI*, opracowany przez K. Błażejczyka (2004). B. Miszuk (2008) stosując ten wskaźnik stwierdził, że w godzinach okołopołudniowych w Karkonoszach niezależnie od wysokości bezwzględnej niemal przez cały rok były korzystne lub bardzo korzystne warunki do uprawiania turystyki pieszej. W chłodnej połowie roku najbardziej korzystne warunki do takich wędrówek występowały jednak u podnóża i w dolnej partii tego pasma górskiego i pogarszały się w partii szczytowej.

Większość zastosowań wskaźnika *Iclp* dotyczyła klimatologii polarnej, w tym zwłaszcza badań prowadzonych na Spitsbergenie Zachodnim. M. Owczarek (2004) wskazała, że najwyższe wartości wskaźnika *Iclp* występują tam w ciągu nocy polarnej (XII–II) i dla człowieka stojącego osiągają maksymalnie około 7,00 clo. Wartości podobne do tych występujących w Łysogórach w najchłodniejszych dniach występują na Spitsbergenie w miesiącach przejściowych. A. Araźny i współpracownicy (2009) przeprowadzili podobne analizy w odniesieniu do dwóch sezonów letnich. Dla człowieka maszerującego w terenie płaskim z prędkością $4 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ wskaźnik wynosił średnio 1,50–1,90 clo. Dla człowieka stojącego wartości te są około 2 razy większe – podobne do obserwowanych w Łysogórach w chłodniejsze i bardziej wietrzne dni wiosny i jesieni. Różnice wartości wskaźnika pomiędzy kilkoma punktami w otoczeniu polskiej stacji badawczej w Hornsundzie, różniących się wysokością bezwzględną są niewielkie i wynoszą średnio od 0,10 do 0,40 clo. To małe zróżnicowanie wynika z braku roślinności wysokiej, która tak silnie modyfikuje warunki anemologiczne w Łysogórach.

Wskaźnik *Iclp* wykorzystywano też do oceny warunków biometeorologicznych w dużym mieście, jakim jest Wrocław (Sikora, 2008) i w środkowej części południowego wybrzeża Bałtyku w miesiącach letnich (Bąkowska, 2009). Podejmowano też próby wykorzystania tego wskaźnika do określenia tendencji zmian lokalnych warunków bioklimatycznych w różnych okresach zeszłego stulecia (Błażejczyk i inni, 2003, Skrzypski i Papiernik, 2006).

W ocenie warunków bioklimatycznych posługiwano się również innymi wskaźnikami wykorzystującymi jednostkę termoizolacyjności odzieży *clo*. J. Skrzypski (1989) oraz Y.Y. Yan i J.E. Oliver (1996) posłużyli się takimi wskaźnikami przy opracowaniu map przestrzennego zróżnicowania oporu cieplnego odzieży zapewniającej człowiekowi komfort termiczny w różnych porach roku. Na podstawie takiej mapy opracowanej przez Y.Y. Yana i J.E. Olivera (1996) dla Europy można stwierdzić, że latem na przeważającej części obszaru Polski komfort termiczny osobie wykonującej lekką pracę zapewnia „ubiór letni” (0,25–0,99 clo), zimą zaś „ubiór właściwy dla pogody zimnej”, a w Polsce północno-wschodniej nawet „bardzo zimnej” ($>1,75 \text{ clo}$).

Badania J. Skrzypskiego (1989) – bazujące na danych z okresu 1951–1960 – pokazały, że zróżnicowanie średnich wartości wskaźnika termoizolacyjności odzieży zapewniającej człowiekowi komfort termiczny w Polsce w miesiącach

zimowych wynosi około 0,70 clo, a latem 0,30 clo. Wyraźnie wyższe wartości badanego wskaźnika występowały tylko wysoko w Tatrach i Karkonoszach.

Innym wskaźnikiem stosowanym w ocenie wymaganej izolacyjności odzieży jest IREQ (*Insulation Required*). W Polsce służy on przede wszystkim do oceny bezpieczeństwa pracy w środowisku chłodnym, zagrażającym wychłodzeniem, zarówno wewnątrz, jak i na zewnątrz budynków (Sudoł-Szopińska i Chojnacka, 2007). Za granicą wykorzystywano go też m.in. do oceny wymaganych właściwości termoizolacyjnych odzieży wojskowej w warunkach środowiska zimnego (np. Morabito i inni, 2009).

Wnioski

1. Nawet w górach niskich, takich jak Góry Świętokrzyskie, widoczna jest wyraźna różnica przewidywanej termoizolacyjności odzieży między podnóżem pasma i jego wierzchowiną.
2. W mroźny, wietrzny dzień w trakcie wędrówki w Łysogórach wystarczającą ochronę przed wychłodzeniem organizmu stanowi tylko kilkuwarstwowa odzież „arktyczna”, o podwyższonej ciepłochronności (>4,00 clo).
3. W przejściowych porach roku wymagania względem odzieży są mniejsze. Na stanowisku u podnóża Pasma Łysogórskiego wymagana jest wówczas odzież o ciepłochronności 1,00–2,00 clo, na wierzchowinie zaś wskazane jest dodatkowe odzienie wierzchnie, chroniące od wiatru, gdyż wskaźnik *Iclp* może tam wzrosnąć do około 2,50 clo.
4. Przy niewielkim zachmurzeniu ogólnym nieba wyraźnie zaznaczała się zmienność wartości wskaźnika *Iclp* w ciągu dnia, z wartościami w godzinach popołudniowych niższymi od tych z godzin porannych nawet o 0,50 clo.
5. Prędkość wiatru jest czynnikiem najsilniej modyfikującym wymagania względem odzieży dotyczące możliwości zapewnienia człowiekowi komfortu termicznego. Wpływała ona zarówno na zróżnicowanie wskaźnika *Iclp* pomiędzy stanowiskami, jak i na jego zmienność w ciągu dnia. Wpływ ten prawdopodobnie jeszcze silniej uwidoczni się w górach wyższych od Pasma Łysogórskiego, gdzie często grzbiety pasma są wylesione, a więc i bardziej wietrzne (np. Karkonosze, czy Gorce).
6. Stwierdzono dużą zmienność wartości wskaźnika *Iclp* związaną ze zmianami aktywności fizycznej. Zapotrzebowanie na ciepłochronną odzież znacznie spada przy zwiększonej aktywności, np. podczas wchodzenia w górę stoku. Stwarzać to może niebezpieczeństwo przegrzania organizmu i zwiększyć produkcję potu. Należy więc nosić odzież przepuszczalną dla pary wodnej i wchłaniającą pot oraz lekką, którą łatwo można transportować i włożyć w razie potrzeby. Nie jest wskazane forsowanie dużego tempa marszu podczas wchodzenia w górę stoku.

7. Wskaźnik przewidywanej termoizolacyjności odzieży (*Iclp*) ma znaczne walory aplikacyjne. Może być wykorzystany do planowania bezpiecznej dla zdrowia aktywności fizycznej w chłodnej części roku, w tym także turystyki górskiej.

*

Autor dziękuje Państwu: Danielowi Falkiewiczowi, Danielowi Fatydze, Beacie Gajdzie, Jadwidze Gorajskiej, Krzysztofowi Skórze, Jolancie Szybalskiej i Jackowi Wiąckowi – studentom Instytutu Geografii UJK w Kielcach oraz Panu doc. dr. Grzegorzowi Żarnowieckiemu z Zakładu Bioklimatologii i Klimatologii Regionalnej IG UJK. Bez ich pomocy na etapie gromadzenia i wstępnego opracowania danych pomiarowych niniejsze opracowanie nie mogłoby powstać.

Piśmiennictwo / References

- Araźny A., Migala K., Sikora S., Budzik T., Puczko D., 2009, *Warunki meteorologiczne i biometeorologiczne w rejonie Hornsundu w ciepłej porze roku 2007 i 2008*, Problemy Klimatologii Polarnej, 19, s. 203–222.
- Bąkowska M., 2009, *Specyfika przebiegu dobowego wybranych wskaźników bioklimatycznych w Kołobrzegu*, Balneologia Polska, 51, 3, s. 194–200.
- Błażejczyk K., 1993, *Wymiana ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem w różnych warunkach środowiska geograficznego*, Prace Geograficzne, IGiPZ PAN, 159.
- , 2004, *Bioklimatyczne uwarunkowania rekreacji i turystyki w Polsce*, Prace Geograficzne, IGiPZ PAN, 192, Warszawa.
- Błażejczyk K., Twardosz R., Kunert A., 2003, *Zmienność warunków biotermicznych w Krakowie w XX wieku na tle wahań cyrkulacji atmosferycznej*, [w:] *Postępy w badaniach klimatycznych i bioklimatycznych*, Prace Geograficzne, IGiPZ PAN, 188, Warszawa, s. 233–246.
- Castellani J.W., Young A.J., Degroot D.W., Stulz D.A., Cadarette D.S., Hind. S.G., Zamecnik J., Shek P.N., Sawka M.N., 2001, *Thermoregulation during cold exposure after several days of exhaustive exercise*, Journal of Applied Physiology, 90, 3, s. 939–946.
- Gorajska J., 2010, *Typy pogody na stacji meteorologicznej Święty Krzyż w dziesięcioleciu 1997–2006*, Zakład Bioklimatologii i Klimatologii Regionalnej IG UJK, Kielce, maszynopis.
- Janowski I., 2002, *Ruch turystyczny w Świętokrzyskim Parku Narodowym*, [w:] J. Partyka (red.), *Użytkowanie turystyczne parków narodowych. Ruch turystyczny – zagospodarowanie – konflikty – zagrożenia*, Ojcowski Park Narodowy, Ojców, s. 373–383.
- Kossowska-Cezak U., Martyn D., Olszewski K., Kopacz-Lembowicz M., 2000, *Meteorologia i klimatologia. Pomiar, obserwacje, opracowania*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa-Łódź.
- Krawczyk B., 1993, *Typologia i ocena bioklimatu Polski na podstawie bilansu ciepłego ciała człowieka*, Prace Geograficzne, IGiPZ PAN, 160, Wrocław-Warszawa.
- Miszuk B., 2008, *Charakterystyka warunków bioklimatycznych Karkonoszy z punktu widzenia różnych form turystyki i rekreacji*, Prace Geograficzne IGiPZ UJ, 120, s. 79–91.
- Monografia Świętokrzyskiego Parku Narodowego*, 2000, red. S. Cieśliński, A. Kowalkowski, Świętokrzyski Park Narodowy, Bodzentyn-Kraków.

- Morabito M., Pavlinic D.Z., Crisci A., Capecchi V., Orlandini S., Mekjavic I.B., 2009, *Determining optimal clothing ensembles for military personnel conducting outdoor activities in cold environments*, [w:] *Soldiers in Cold Environment*, Raport NATO, Research and Technology Organisation, RTO-MP-HFM-168, <http://www.rta.nato.int/Pubs/rdp.asp?RDP=RTO-MP-HFM-168> (10.09.2011).
- Olszewski J.L., Szałach G., Żarnowiecki G., 2000, *Indywidualne cechy klimatu i bioklimatu Gór Świętokrzyskich*, *Acta Universitatis Nicolai Copernici*, 106, s. 253–267.
- Owczarek M., 2004, *Odczuwalność cieplna w okresie zimowym w rejonie polskiej stacji polarnej w Hornsundzie w latach 1991–2000*, *Problemy Klimatologii Polarnej*, 14, s. 171–182.
- Sikora S., 2008, *Bioklimat Wrocławia*, *Rozprawy Naukowe Instytutu Geografii i Rozwoju Regionalnego Uniwersytetu Wrocławskiego*, 3, Wrocław.
- Skrzypski J., 1989, *Zastosowanie analizy bilansu cieplnego człowieka zmodyfikowaną metodą Fanger'a do oceny bioklimatu i termicznych warunków klimatoterapii*, *Problemy Uzdrawiskowe*, 7/8.
- Skrzypski J., Papiernik Ż., 2006, *Zmiany bioklimatu miast: na przykładzie Łodzi*, PAN O.Łódź, Łódź.
- Sudoł-Szopińska I., Chojnacka A., 2007, *Praktyczne aspekty oceny narażenia pracowników zatrudnionych w warunkach środowiska zimnego za pomocą wskaźników WCI i IREQ*, *Bezpieczeństwo Pracy*, 2, s. 16–19.
- Yan Y.Y., Oliver J.E., 1996, *The CLO: A utilitarian unit to measure weather/climate comfort*, *International Journal of Climatology*, 16, s. 1045–1056.

Źródła internetowe

- <http://db.eurad.uni-koeln.de>, strona Rhenisch Institute for Environmental Research at the University of Cologne (3.09.2011).
- <http://dolomity-wspiniwanie.pl/index.php/2010/09/softshell-czy-jest-mi-to-tak-potrzebne/> (10.09.2011).
- <http://new.meteo.pl/komentarze/index1.php>, strona Interdyscyplinarnego Centrum Modelowania Matematycznego UW (2.09.2011).
- http://www.engineeringtoolbox.com/clo-clothing-thermal-insulation-d_732.html (30.08.2011).

[Wpłynęło: wrzesień 2011; poprawiono: luty 2012 r.]

KRZYSZTOF JARZYNA

CLOTHING INSULATION REQUIRED DURING MOUNTAIN HIKING – CASE STUDY FROM THE ROYAL ROUTE – ŁYSOGÓRY RANGE (ŚWIĘTOKRZYSKIE MTS.)

Mountain hiking is one of the most inspiring way to spend a leisure time. However a hiker should avoid a hypothermia during cold seasons. It can be achieved by a proper clothing insulation.

A predicted insulation Index (*Iclp*) of clothing is an example of a measure allowing to assess a garments' combination sufficient to secure a thermal comfort in humans

(Błażejczyk, 2004). A unit of *Iclp* is *clo*. Zero (0) *clo* corresponds to a naked person, one (1) *clo* corresponds to a person wearing typical business suit.

The predicted insulation of clothing was calculated according the modified formula of Burton and Edholm (following Błażejczyk, 2004):

$$I_{clp} = \frac{0,082 \cdot [91,4 - (1,8 \cdot t + 32)]}{(0,01724 \cdot M)} - \frac{1}{0,61 + 1,9 \cdot v^{0,5}}$$

where: t – air temperature ($^{\circ}\text{C}$), v – wind speed ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) and M – metabolism ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$). To calculate the *Iclp* index $70 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ was accepted as the value of physical exertion for a man standing and $270 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ for a man moving upslope (slope inclination 15%) at $3.2 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

Based on *Iclp* values thermal environment is assessed as follows (Błażejczyk 2004): $<0.30 \text{ clo}$ – very warm, $0.31\text{--}0.80 \text{ clo}$ – warm, $0.81\text{--}1.20 \text{ clo}$ – neutral, $1.21\text{--}2,00 \text{ clo}$ – cool, $2.01\text{--}3,00 \text{ clo}$ – cold, $3.01\text{--}4.00 \text{ clo}$ – very cold, $>4.00 \text{ clo}$ – arctic.

This Index was used to estimate variations of the thermal environment during mountain hiking along the Royal Route in the Łysogóry Range (Świętokrzyskie Mts.) – fig. 1 and 2. The elevation of the Łysogóry Range exceeds 600 m AMSL. It is predominantly forested, with *Abietetum polonicum* and *Dentario glandulosae-Fagetum* dominating as forest associations. Relics of the Holy Cross placed in the abbey erected on the summit of the Łysogóry Range have attracted pilgrims for centuries. Nowadays about 300–400 thousand pilgrims and other tourists visit the Świętokrzyski National Park and the sanctuary every year. Many of them follows traditional pilgrims' route known the Royal Route (Janowski, 2002) – fig. 1.

Air temperature and wind speed data from 3 measurement points located along the Royal Route were used to calculate the *Iclp* Index values. Measurement points were located at the foot, on the slope and atop the Łysogóry Range adequately – fig. 1 and 2. Measurements were made every half an hour from 8 a.m. till the evening during few chosen days in 2009 and 2010.

The lowest *Iclp* index values were observed on 21st May 2010 while the highest ones in 30th December 2010. Mean *Iclp* Index value for a standing man was 0.73 clo at the foot and 1.47 clo on the top of the Łysogóry Range in 21st May 2010. The lowest *Iclp* value, 0.24 clo, was registered in the measurement site located on the slope at 3 p.m. (afternoon) this day. Generally a thermal environment during the hiking along the Royal Route changed from very warm to cool in 21st Mai 2010 – fig. 4. During frosty and windy 30th December 2010 the thermal environment can be described as arctic (*Iclp* $>4.00 \text{ clo}$) for a standing man nevertheless the measurement site. The highest value – 5.00 clo was registered on the summit of the Łysogóry Range at 3 p.m. (evening) then – fig. 4.

These values express the maximum clothing insulation required to maintain the thermal comfort during the hiking in the Łysogóry Range in different seasons. Summer sport clothing seems to be a sufficient protection during a warm spring day and probably a warm autumn day too. However an additional protection (e.g. a jacket) can appear to be essential on the top of the Łysogóry Range. We shouldn't forget to take some rain gear if it seems to be needed too. During the frosty and windy winter days only multilayer "arctic" clothing along with gloves and headgear allows to avoid the hypothermia during the hiking along the Royal Route. The remaining days when measurements were con-

ducted were cool with an air temperature ranging from 3.0°C to 10.0°C. A clothing typical for the transitional seasons with a fleece jacket (*Iclp* values between 1.00 and 2.00 clo) appeared to be a sufficient protection against hypothermia then. A better protection was needed only on the summit of the Łysogóry Range especially during the windy 1st March 2010.

Differences between *Iclp* Index values at the foot and on the top of the Łysogóry Range amounted from 0.40 clo to 1.00 clo. They correspond to one or two extra garments needed to protect humans against an intensifying cold and wind. That's just more windy conditions are first of all responsible for high *Iclp* values registered on the summit of the Łysogóry Range. A rate of the *Iclp* values decline below the top of the range depended on the vegetation growth. There was a sharp decline of the *Iclp* values below the Łysogóry Range summit when the trees' canopies were covered with leaves. A gradual decline of *Iclp* values from the top to the foot of the range was apparent beyond the growing season – fig. 4.

Sharp rise of the metabolism during fast walking upslope along the Royal Route significantly diminishes required insulation of clothing. During relatively warm spring and autumn days *Iclp* was often negative in the measurement sites located at the foot and on the slope of the Łysogóry Range. In the frosty and windy 30th December 2010 *Iclp* values for a person moving fast upslope dropped below 1.00 clo, representing neutral thermal environment conditions. To avoid a hyperthermia during walking upslope we should unbutton or even take off outer garments during relatively warm days. However it can be dangerous during frosty and windy weather. It is therefore essential to wear underwear made of synthetic materials which absorbs sweat very well and dries fast. An outer jacket should be permeable to the water vapour then. Moreover we don't need to walk upslope very fast as the Royal Route is relatively short.

The *Iclp* Index seems to be a valuable tool for a planning mountain hiking during cold seasons. However it hasn't been widely used in Polish bioclimatological studies yet with an exception of researches conducted in polar regions (e.g. Arażny *et al.*, 2009).