

## Anizotropia skórzanych materiałów obuwniczych

Study about the anisotropy property of footwear leather's materials

Wioleta Serweta<sup>1\*</sup>, Justyna Wójcik<sup>1</sup>

<sup>1\*</sup>Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Przemysłu Skórzanego

---

### Streszczenie

Anizotropia materiałów skórzanych jest własnością, która powoduje, że wzdłuż różnych kierunków jej właściwości zmieniają się. Zagadnienie to ma szczególne znaczenie praktyczne na przykład przy projektowaniu obuwia. W niniejszej pracy próbki skór przeznaczonych na obuwie poddano testom rozciągania. Współczynnik anizotropii obliczono dla takich parametrów, jak: siła rozrywająca, naprężenie zrywające, wydłużenie względne przy 50% i 100% siły maksymalnej. Rezultaty te pozwoliły ocenić jakość materiałów w kontekście projektowania obuwia i zaciągania ich na kopyta.

### Abstract

Anisotropy of leather material is the property, which describes different properties of material in different directions. Anisotropy of footwear materials determines a lot of construction parameters of final product. In order to identify an anisotropy coefficient the upper and lining leather samples treated were tested by using of static tensile tests. The anisotropy coefficient was calculated for the following parameters: force at break, breaking strain, elongation for 50% and 100% of maximum force. Results of its investigations give an information about orientations, which are most likely weaker than other.

*Słowa kluczowe:* skóra wyprawiana, obuwnictwo, właściwości mechaniczne.

*Keywords:* leather, footwear, mechanical properties.

---

## 1. Wstęp

Skóry wyprawione nie stanowią jednorodnego materiału [1]. Elementem różnicującym wielkości parametrów wytrzymałościowych jest kierunek wycinania próbki. Szczególnie duże różnice stwierdza się w wynikach modułu sprężystości przy rozciąganiu, wytrzymałości na rozdieranie, ciągliwości, a nawet w wytrzymałości na wielokrotne zginanie [2] – [5].

---

\*autor korespondencyjny: dr Wioleta Serweta – w.serweta@wp.pl

Zjawisko anizotropii skóry zostało po raz pierwszy zdefiniowane i opisane w XIX wieku przez Karla Langerę [6]. Oznaczył on naturalne linie napięcia, które pojawiają się w obrębie skóry. Włókna kolagenowe wzdłuż linii Langerę są bardziej rozciągliwe, niż w kierunku prostopadłym do nich. Stąd biorą się różnice w parametrach reologicznych skór. Znajomość zjawiska anizotropii warunkuje możliwość prawidłowej konstrukcji obuwia. Zmiana kierunku wycięcia materiałów na cholewki, zmienia wektorowo właściwości fizyczne, ważne z punktu widzenia właściwości gotowego obuwia. Jako miarę anizotropii, stosuje się tzw. współczynnik anizotropii  $K_A$ , opisany równaniem (1):

$$K_A = \frac{R_S}{R_D} \cdot 100\% , \quad (1)$$

gdzie:

$R_S$  – wynik pomiaru właściwości mechanicznej dla próbki pobranej wszerz rolki badanego tworzywa,

$R_D$  – wynik pomiaru właściwości mechanicznej dla próbki pobranej wzdłuż rolki badanego tworzywa.

W wycinaniu materiałów skórzanych, przeznaczonych na poszczególne elementy obuwia, należy mieć na uwadze kierunek ułożenia włókien oszlifowanej mizdry skóry. Jest on zgodny z kierunkiem ułożenia torebek włosowych. Przykładowo – na skórkach cielęcych włos uклада się w sposób gwiazdzisty, zaś na skórkach kozich – od środka grzbietowej części skóry – od karku – w kierunku do zadu ukosem na prawo i na lewo. W związku z tym, wycinaki na płacie skóry należy układać w taki sposób, aby włókna zasadniczej części cholewki układały się w jednym kierunku. Ułożenie włókien można sprawdzić organoleptycznie – poprzez gładzenie ich zgodnie z ich kierunkiem ułożenia - wówczas barwa skóry nie zmienia się, przy odwrotnym ruchu – barwa skóry otrzymuje głębszy ocień (jego głębokość zależy od długości włókien) [4].

Celem niniejszej pracy jest ocena natężenia zjawiska anizotropii w materiałach

obuwnicznych w odniesieniu do takich parametrów, które ważne są z punktu widzenia obuwnictwa, czyli: siła zrywająca, naprężenie zrywające, wydłużenie przy 50% siły zrywającej oraz wydłużenie przy zerwaniu.

## **2. Materiały i metodyka badania**

Próbki skór obuwniczych (Tabela 1) poddawano próbom rozciągania statycznego na uniwersalnej maszynie wytrzymałościowej Instron 5566 z maksymalnym obciążeniem 5 kN. Przyjęto stałą prędkość rozsuwania szczęk 100 mm/min. Wytrzymałość na rozciąganie ( $T_n$ ) wyznaczono ze wzoru (2):

$$T_n = \frac{F}{w \cdot t} [MPa], \quad (2)$$

gdzie:

$F$  – siła przy zerwaniu [N],

$w$  – szerokość próbki [mm],

$t$  – średnia grubość próbki [mm].

W celu ujawnienia i opisanie zjawiska anizotropii oznaczono następujące wielkości (w kierunku wzdłużnym i poprzecznym): siłę przy rozerwaniu (minimalna siła powodująca degradację próbki), naprężenie przy zerwaniu, wydłużenie przy 50% oraz 100% siły zrywającej. Na podstawie uzyskanych wielkości obliczono współczynnik anizotropii dla każdego mierzonego parametru według wzoru (1).

Wydłużenie względne obliczano według metodyki zawartej w normie ISO 17236. Stanowi ono procent pierwotnej długości próbki wyrażony wzorem (3):

$$E_S = \frac{(L_1 - L_0)}{L_0} \cdot 100\%, \quad (3)$$

gdzie:

$L_1$  – odległość między znacznikami [mm],

$L_0$  – odległość początkowa między dwoma liniami leżącymi w odległości 35 mm  $\pm$  5 mm od krótszego boku próbki w linii równoległej.

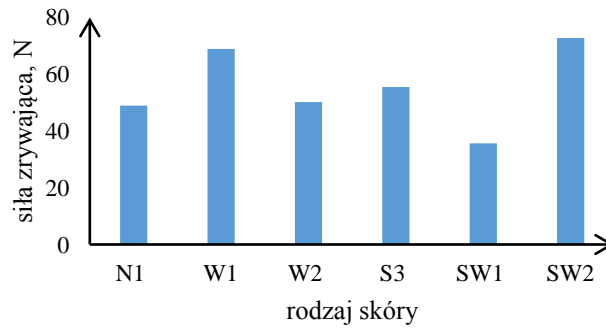
**Tabela 1.** Materiały wykorzystane do badań (skóry podszewkowe i wierzchnie)

<b>Nazwa próbki</b>	<b>Material</b>	<b>Grubość [mm]</b>
W1	welur	1.82
W2	welur	2.01
N1	nubuk	1.54
S3	boks bydłęcy podszewkowy	1.06
SW1	skóra świnińska typu grain podszewkowa	0.47
SW2	skóra świnińska podszewkowa	0.41

### 3. Omówienie rezultatów badań

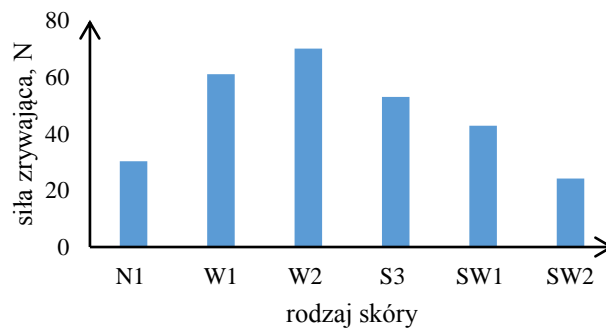
#### 3. 1. Siła zrywająca

W wyniku przeprowadzonej procedury badawczej uzyskano klasyfikację skór pod kątem ich właściwości reologicznych. Z punktu widzenia kierunku wzdłużnego (Rys. 1) i wartości siły zrywającej najlepszą odpornością na zerwanie cechuje się materiał SW2, gdzie maksymalna wartość siły przy zerwaniu osiągnęła wartość 72,8N. Najslabszym materiałem okazała się być skóra świnińska typu grain (35,7N).



**Rys. 1.** Maksymalna siła przy zerwaniu mierzona w kierunku wzdłużnym.

W przypadku skóry analizowanej w kierunku poprzecznym (Rys. 2), uzyskane rezultaty mieściły się w przedziale 24N – 69,9N uzyskane odpowiednio dla SW2 oraz W2. Oznacza to, że próbka SW2 może być traktowana, jako bardzo dobra do użytku, jeśli zostanie wycięta w kierunku wzdłużnym, lub najmniej odpowiednia, jeśli kierunek zostanie zmieniony.

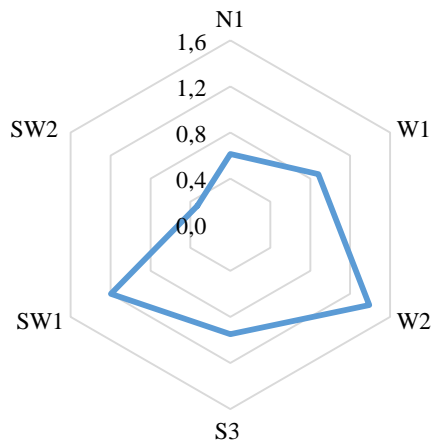


**Rys. 2.** Maksymalna siła przy zerwaniu mierzona w kierunku poprzecznym.

Właściwość anizotropii przedstawiona została na Rys. 3. Interpretacja współczynnika anizotropii jest następująca:

- wartości najbliższe liczbie 1 oznaczają najmniejszą degradację właściwości w odniesieniu do zmiany kierunku,

- wartości z przedziału otwartego  $(0,1)$  oznaczają, że własność zmierzona wszerz próbki jest słabsza niż własność mierzona w kierunku prostopadłym do niego,
- wartości powyżej jedności oznaczają, że własność zmierzona wszerz próbki jest silniejsza niż mierzona w kierunku prostopadłym do niego.



**Rys. 3.** Właściwość anizotropii materiałów skórzanych dla siły zrywającej.

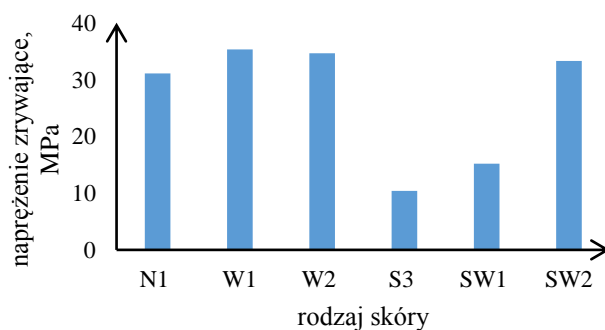
Uzyskane wartości pozwalają stwierdzić, że własność anizotropii ujawniła się w największym stopniu w kierunku wszerz dla weluru W2 oraz skóry świńskiej SW1. W tych przypadkach wartości współczynnika anizotropii osiągnęły odpowiednio: 1,4 oraz 1,2. Z kolei najmniejszą anizotropowością w tym kierunku charakteryzowały się skóry SW2 oraz N1 – 0,3 oraz 0,6 odpowiednio. Oznacza to, że są one silniejsze w kierunku poprzecznym.

Przy omawianiu wartości siły zrywającej należy podkreślić, że zróżnicowanie między poszczególnymi rodzajami skór zależy od wytrzymałości na rozciąganie pęczków włókien i od stopnia zorientowania struktury, tj. od udziału pęczków zorientowanych w kierunku siły rozciągania. W przypadku, gdy poszczególne pęczki ulegają wyłącznie rozciąganiu, to naprężenie w pęczku będzie równe stosunkowi siły rozciągania do powierzchni przekroju poprzecznego pęczka. Jeśli z kolei przyłożona siła będzie powodować dodatkowo zginanie pęczka,

to suma naprężeń będzie większa i zniszczenie struktury będzie szybsze. Dodatkowo można wywnioskować, że skóry W1 i SW2 wykazywały większą ruchliwość struktury w kierunku wzdłużnym. W przypadku skóry bydlęcej zaobserwowano wrywanie włókien w momencie pęknięcia, spowodowane wyraźnym uwłóknieniem tych materiałów. W przypadku skór świńskich, powierzchnia zerwania jest bardziej gładka, co świadczy o rozerwaniu będącym efektem łamania włókien.

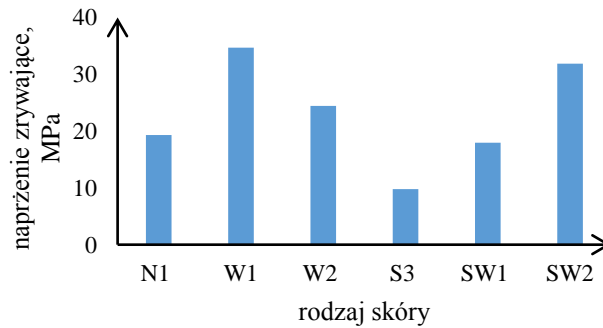
### 3.2. Naprężenie przy zerwaniu

Wskutek działania siły rozciągającej, w materiale skórzanym powstają naprężenia działające wzdłuż osi rozciągania. Dla badanych materiałów uzyskane wartości w kierunku wzdłużnym mieściły się w granicach 10,4 MPa dla skóry podszevkowej S3 do 35,2 MPa dla weluru (Rys. 4).



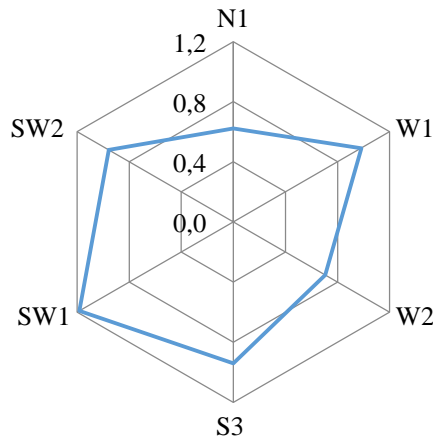
**Rys. 4.** Naprężenia przy zerwaniu dla próbek badanych w kierunku wzdłużnym.

W przypadku zmiany kierunku wycięcia próbki na poprzeczny (Rys. 5), uzyskano rezultaty z przedziału 9,8 MPa – 34,7 MPa, przy czym wartości skrajne osiągnięto dla tych samych rodzajów skór: S3 oraz W1.



**Rys. 5.** Naprężenia przy zerwaniu dla próbek badanych w kierunku poprzecznym.

W odniesieniu do współczynnika anizotropii (Rys. 6), w przypadku naprężenia zrywającego – zaobserwowano dwie skóry o charakterze izotropowym – SW2 oraz W1 – uzyskane wartości w kierunku wzdłużnym, jak i poprzecznym były takie same. W przypadku skóry SW1 osiągnięto wartość nieznacznie większą od jedności, co oznacza, że przenosi ona większe obciążenia w kierunku poprzecznym. W pozostałych przypadkach zaobserwowano tendencję odwrotną.



**Rys. 6.** Właściwość anizotropii materiałów skórzanych dla naprężenia zrywającego.

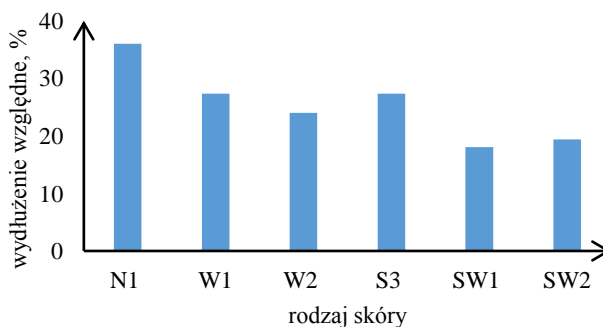
### 3.3. Wydłużenie względne przy 50% wartości siły maksymalnej

Wydłużenie względne stanowi bardzo ważną miarę odkształcenia skóry pod wpływem działania naprężenia rozciągającego. Ma ono bezpośredni wpływ na inne właściwości mechaniczne, np. na odporność na zginanie i ciągliwość skóry.



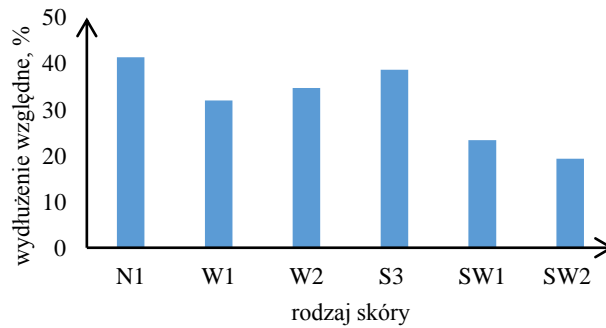
Jest to zdolność do wydłużenia pod działaniem sił rozciągania ma podstawowe znaczenie dla skór miękkich przeznaczonych na cholewki obuwia, a także rękawice i odzież. Wydłużenie plastyczne zapewnia możliwość nadawania materiałom trwałego kształtu, a wydłużenie sprężyste zabezpiecza trwałość użytkowania wskutek umożliwienia powrotu do kształtu pierwotnego po ustaniu naprężenia odkształcającego.

W przypadku badanych materiałów (Rys. 7), najbardziej elastyczny w kierunku wzdłużnym okazał się nubuk – uzyskane wydłużenie przy 50% siły zrywającej wynosiło 36%. Najslabsze w tym zakresie były skóry świńskie podszewkowe SW1 i SW2. Wartości wydłużenia osiągnęły w tych przypadkach wartości odpowiednio 18% i 19.3%.



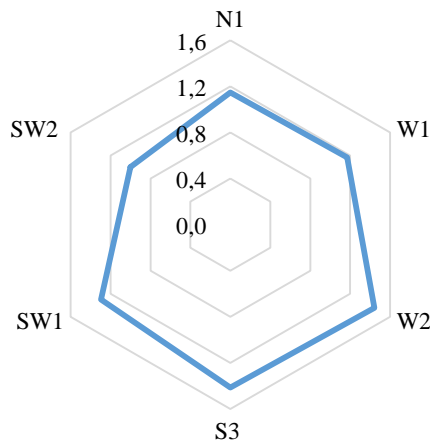
**Rys. 7.** Wydłużenie względne przy 50% siły maksymalnej dla próbek badanych w kierunku wzdłużnym.

Dla próbek badanych w kierunku poprzecznym (Rys. 8), najwyższe wartości uzyskano tak, jak poprzednio – dla nubuku N1 (41,3%) oraz dla skóry bydlęcej S3 (38,7%). Najmniej elastyczne również w kierunku poprzecznym okazały się skóry świńskie – SW1 (23,3%) oraz SW2 (19,3%).



**Rys. 8.** Wydłużenie względne przy 50% siły maksymalnej dla próbek badanych w kierunku poprzecznym.

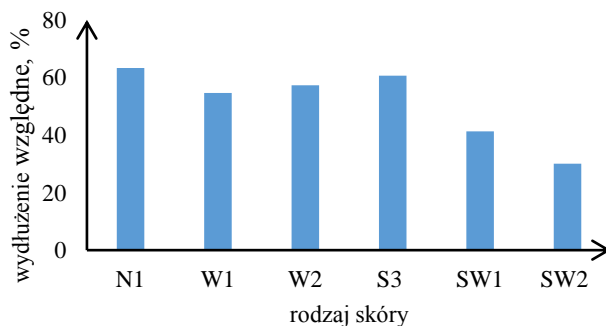
W odniesieniu do właściwości anizotropii (Rys. 9) w przypadku skór N1, W1, W2, S3, SW1 zaobserwowano większą elastyczność w kierunku poprzecznym. Jedynie w przypadku skóry świńskiej SW2 właściwość ta była taka sama w obu kierunkach.



**Rys. 9.** Właściwość anizotropii materiałów skórzanych dla wydłużenia względnego przy 50% siły zrywającej.

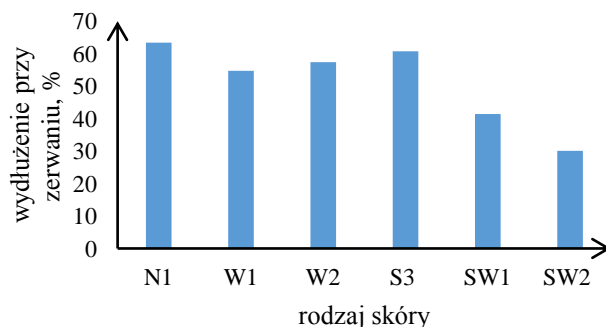
Ekspozycja próbki na dalsze działanie siły zrywającej, spowodowała dalszą zmianę wydłużenia względnego wzdłuż osi próbki, którego maksimum zostało osiągnięte w momencie zerwania próbki. Tendencja zaobserwowana przy 50% wartości siły zrywającej, utrzymała się do zerwania (Rys. 10). Największą wartość wydłużenia zaobserwowano dla nubuku N1 (59,3%) oraz weluru W1

(44,7%). Najmniej elastyczne okazały się skóry świńskie – wydłużenie na poziomie 29,3% oraz 32% odpowiednio dla SW1 oraz SW2.



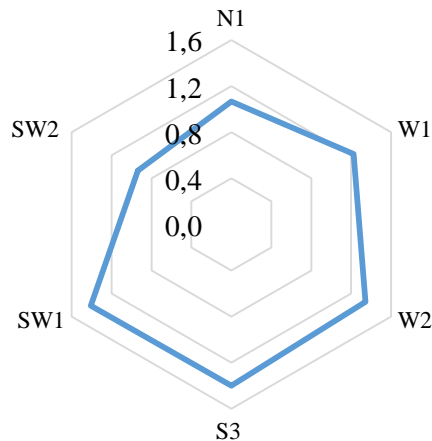
**Rys. 10.** Wydłużenie względne przy zerwaniu dla próbek badanych w kierunku wzdłużnym.

Podobne zachowanie, transponowane z wydłużenia osiągniętego przy 50% siły, zaobserwowano przy badaniu próbek w kierunku poprzecznym (Rys. 11). Najśłabsza okazała się być skóra świńska SW2 – wydłużenie w tym przypadku osiągnęło 30%, najmocniejsze okazały się nubuk N1 – 63,3% oraz boks bydlęcy S3 – 60,7%.



**Rys. 11.** Wydłużenie względne przy zerwaniu dla próbek badanych w kierunku poprzecznym.

W przypadku analizy wartości współczynnika anizotropii – uzyskane wartości przy 50% wielkości siły zrywającej uległy powieleniu. Jedynie w przypadku skóry SW2 uzyskano wartość równą 0.9, co wskazuje na przewagę tej własności w kierunku wzdłużnym.



**Rys. 12.** Właściwość anizotropii materiałów skórzanych dla wydłużenia względnego zerwania.

#### 4. Podsumowanie

Przeprowadzone badania potwierdziły fakt, że dobór materiałów obuwniczych powinien być dokonywany w oparciu o następujące czynniki:

- zróżnicowanie właściwości mechanicznych w ramach tego samego materiału obuwniczego. Dotyczy to zwłaszcza skór wyprawionych, z których każda może wykazywać inne właściwości mechaniczne.
- z uwagi na niejednorodność ułożenia włókien kolagenowych, zróżnicowanie danej właściwości może występować w poszczególnych miejscach, zlokalizowanych na powierzchni materiału obuwniczego.
- zależność wyników pomiarów od sposobu wycięcia próbek do badań – wzdłuż, lub w poprzek rolki tworzywa, lub odpowiednio wzdłuż lub w poprzek linii grzbietowej skóry wyprawionej.

Kompleksowa analiza właściwości mechanicznych materiału obuwniczego, wymaga uwzględnienia podstawowych aspektów zachowania się materiału przy działaniu na niego sił zewnętrznych. Są to przede wszystkim odkształcalność materiału obuwniczego oraz jego trwałość przy działaniu naprężeń zewnętrznych.

## **Literatura**

- [1] Raabe E., Kornaś A.: *Właściwości fizyczne skór*, Wydawnictwo Przemysłu Lekkiego i Spożywczego, Warszawa 1965.
- [2] Persz T.: *Technologia wyprawy skór – garbowanie*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa, 1977.
- [3] Lasek W.: *Materialoznawstwo obuwnicze*, Wyższa Szkoła Inżynierska im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Radom 1986.
- [4] Christ J. W.: *Obuwnictwo*, Wydawnictwo Przemysłu Lekkiego i Spożywczego, Warszawa 1965.
- [5] Cholewa E., Kaszuba Z., Kozłowski B., Łuba R.: *Zasady konstrukcji kopyt i obuwia*, Wydawnictwa Naukowo – Techniczne, Warszawa 1976
- [6] Carmichael S. W.: *The tangled web of Langer’s lines*, *Clinical Anatomy*, **27**, 2014: 162 – 168.