

Article citation info:

Zuska A, Jurecki R, Jaśkiewicz M. Laboratory study about pressure distribution on car seats with people of different anthropometric features participation. The Archives of Automotive Engineering- Archiwum Motoryzacji. 2016; 74(4); 115-127, <http://dx.doi.org/10.14669/AM.VOL74.ART7>

Laboratory study about pressure distribution on car seats with people of different anthropometric features participation

Laboratoryjne badania rozkładu nacisków na siedziiskach samochodowych z udziałem osób o różnych cechach antropometrycznych

**ANDRZEJ ZUSKA¹, RAFAŁ JURECKI²,
MAREK JAŚKIEWICZ³**

Politechnika Świętokrzyska

Summary

This article refers to actual problem of cars' travelling comfort. In the first part of the article, an experiment was described in which particular attention was given to measuring system that is used in studying pressure distribution on the car seat bottom and backrest of the car seat. The structure of this system and usage possibilities, including basic parameters of its' work were also discussed. In the second part, an analysis of the conducted study results was presented, with special consideration taken to dependence between particular values which characterize the pressure distribution on car seat bottom and basic anthropometric parameters of the human body

¹ Kielce University of Technology, Faculty of Mechatronics and Mechanical Engineering, Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, Poland, e-mail: a.zuska@tu.kielce.pl

² Kielce University of Technology, Faculty of Mechatronics and Mechanical Engineering, Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, Poland, e-mail: rjurecki@tu.kielce.pl

³ Kielce University of Technology, Faculty of Mechatronics and Mechanical Engineering, Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, Poland, e-mail: m.jaskiewicz@tu.kielce.pl

Streszczenie

Artykuł odnosi się do aktualnej problematyki komfortu podróżowania pojazdami samochodowymi.

W pierwszej części opisano przeprowadzony eksperyment, zwracając szczególną uwagę na system pomiarowy wykorzystywany do badania rozkładu nacisków na siedzisko i oparcie fotela samochodowego. Omówiono budowę tego systemu oraz możliwości wykorzystania, podając podstawowe parametry jego pracy.

W części drugiej przedstawiono analizę wyników przeprowadzonych badań eksperymentalnych ze szczególnym uwzględnieniem zależności między wybranymi wielkościami charakteryzującymi rozkład nacisków na siedzisko fotela a podstawowymi parametrami antropometrycznymi ciała człowieka.

Keywords: comfort, static comfort, travelling comfort, pressure distribution, car seat bottoms

Słowa kluczowe: komfort, komfort statyczny, komfort podróżowania, rozkład nacisków, siedziska samochodowe.

1. Wstęp

Pojęcie komfortu jest bardzo subiektywne. Coś co dla jednych jest komfortowe dla innych może nim nie być.

Mówiąc o komforcie w odniesieniu do zjawisk o charakterze wibracji lub w zakresie drgań i hałasu należy mieć na myśli komfort:

- statyczny, zależny od wygody siedziska,
- wibracyjny, który oprócz wygody siedziska zależy od poziomu drgań oddziałujących na kierowcę bądź pasażera,
- akustyczny, zależny od oddziaływania akustycznego na użytkownika pojazdu.

Pojazd samochodowy aby mógł spełniać wymagania komfortu statycznego (wygody) i komfortu wibracyjnego powinien być wyposażony w odpowiednio dobrane zawieszenie nadwozia, kabiny i fotela [14, 15, 16, 17]. Fotel powinien posiadać możliwość jego dopasowania do indywidualnych cech dynamicznych i antropometrycznych kierowców (pasażerów). Pod pojęciem cech antropometrycznych należy rozumieć między innymi wzrost, wagę oraz mierzalne cechy anatomii ludzkiego ciała, które wyróżnia w szczególności układ kręgosłupa itp.

Wygodny fotel samochodowy powinien zapewniać:

- przyjmowanie odpowiedniej pozycji,
- odpowiednie z ortopedycznego punktu widzenia oparcie pleców,
- właściwe rozłożenie nacisków na powierzchni siedziska i oparcia.

W literaturze spotyka się określenia: fotel, siedzisko używane często jako synonimy. W niniejszym artykule będzie używane określenie fotel, który składa się z siedziska i oparcia.

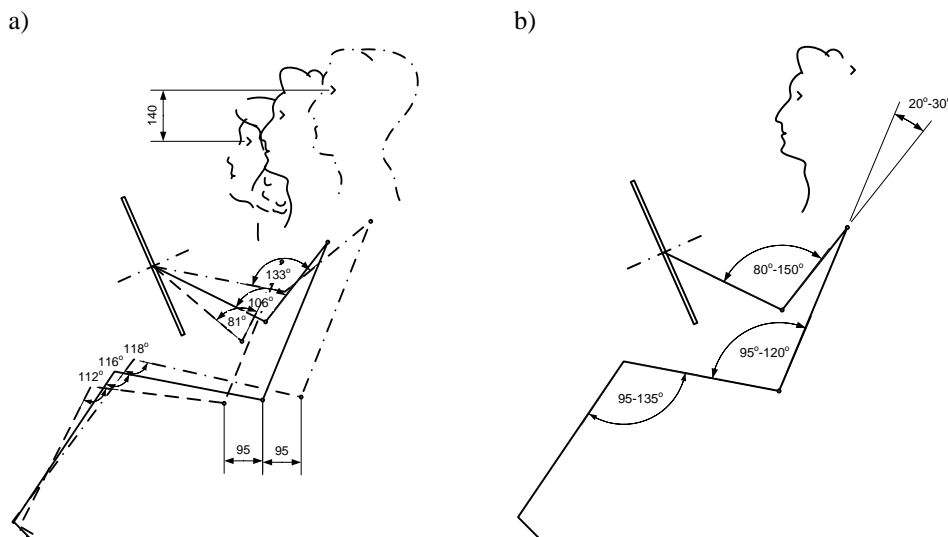
Prawidłowa pozycja fotela powinna minimalizować obciążenie mięśni grzbietowych, brzusznych, miednicznych i ud kierowcy. Kąty największej wygody pozycji siedzącej w samochodzie osobowym przedstawiono na rysunku nr 1. Kąty te zostały określone przy

założeniu jedynie lekkiego napięcia mięśni oraz eliminacji nacisków na organy wewnętrzne.

Utrzymanie prawidłowych kątów: tułów – udo, tułów – ramię, ramię – przedramię itd. wymaga stosowania bezstopniowej regulacji wzdłużnej, pionowej oraz kątowej siedziska i oparcia fotela. Regulacja wysokości siedziska fotela jest istotna również dla zapewnienia dobrej widoczności, ponieważ pozwala zniwelować różnicę poziomów, na których znajdują się oczy siedzących osób o różnym wzroście (rys. 1a) [7]. Na rysunku 1b przedstawiono uśrednione zakresy wartości kątów wygody rekomendowane przez normę DIN 33408 [13].

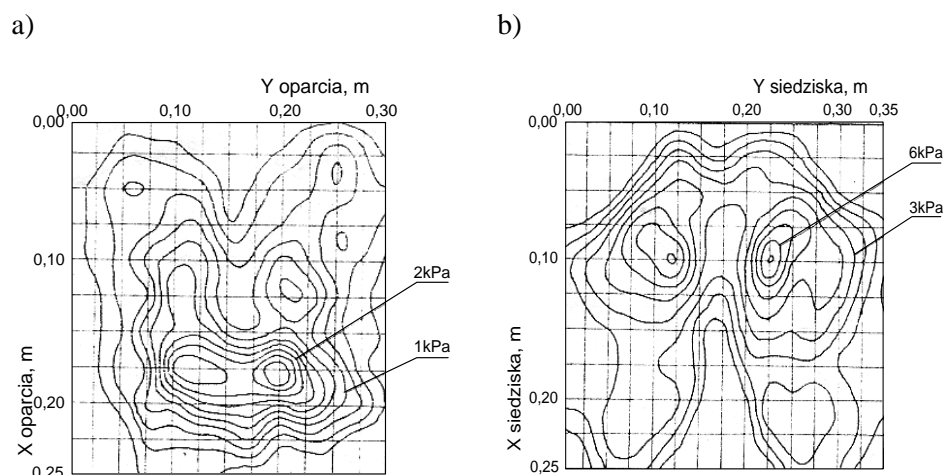
Odpowiednie dostosowanie kształtu fotela do ciała człowieka oraz pokrywająca stelaż wykładzina o odpowiedniej elastyczności, powinny zapewniać prawidłowy rozkład nacisków jednostkowych na siedzisku i oparciu fotela. Naciski jednostkowe o największych wartościach powinny być skupione w okolicy guza kulszowego, gdyż powoduje to odciążenie ud, a to z kolei zmniejsza ryzyko niedokrwienia kończyn i uczucia niewygody [7]. Ich wartość może osiągać poziom w miejscu guza kulszowego 10-20kPa, a w jego okolicy 8-15kPa.

Nacisk ten jest silnie uzależniony od masy ciała człowieka i jego budowy. Na przykład u osób o większej masie zazwyczaj są rejestrowane wyższe naciski szczytowe. Specyfika budowy ciała np. obecność w okolicy pośladków znacznej tkanki tłuszczowej, może powodować bardziej równomierne rozłożenie nacisków i w rezultacie naciski te mogą być mniejsze niż u osób szczupłych [6].



Rys. 1. Kąty wygody pozycji siedzącej w samochodzie osobowym:
a) dla 50 centylowej osoby oraz 5centylowej kobiety i 95centylowego mężczyzny [7],
b) zakresy kątów wygody rekomendowane przez normę DIN 33408 [13]

Nacisk ciała na powierzchnię siedziska i oparcia fotela stwarza naciski miejscowe, których przykład przedstawia rysunek 2 [7].mTe miejscowe naciski nie powinny osiągać zbyt dużych wartości, przy czym jednolite ich rozłożenie też nie jest zalecane [7].



Rys. 2. Przykładowy rozkład nacisków ciała na: a - oparcie, b - siedzisko, wygodnego fotela

Naciski na oparcie są o wiele niższe, niż te na powierzchnię siedziska i z ortopedycznego punktu widzenia jest nieodzowne, aby kręgosłup był odpowiednio podparty a szczególnie rejonu kręgów lędźwiowych. Oparcie fotela powinno być odpowiednio dostosowane do naturalnej krzywizny kręgosłupa.

Aby zapobiec bocznym przesunięciom ciała w czasie jazdy po nierównej nawierzchni, niezbędne jest odpowiednie ukształtowanie całego fotela, przy czym w dolnej części oparcia, w okolicy środka ciężkości ciała, jak też na tylnej części siedziska, niezbędne jest zapewnienie luzu bocznego. Z kolei górna część oparcia powinna być tak skonstruowana, aby zapewnić ramionom swobodę ruchu w czasie prowadzenia pojazdu.

Wielkość i charakter powierzchni kontaktu ciała z siedziskiem i oparciem ma istotne znaczenie między innymi dla oceny komfortu statycznego [1, 2, 5, 8, 9]. Ponadto dla kierowcy subiektywnie optymalny rozkład nacisków na siedzisku i oparciu fotela jest ważnym elementem podwyższającym sprawność kierowania pojazdem samochodowym.

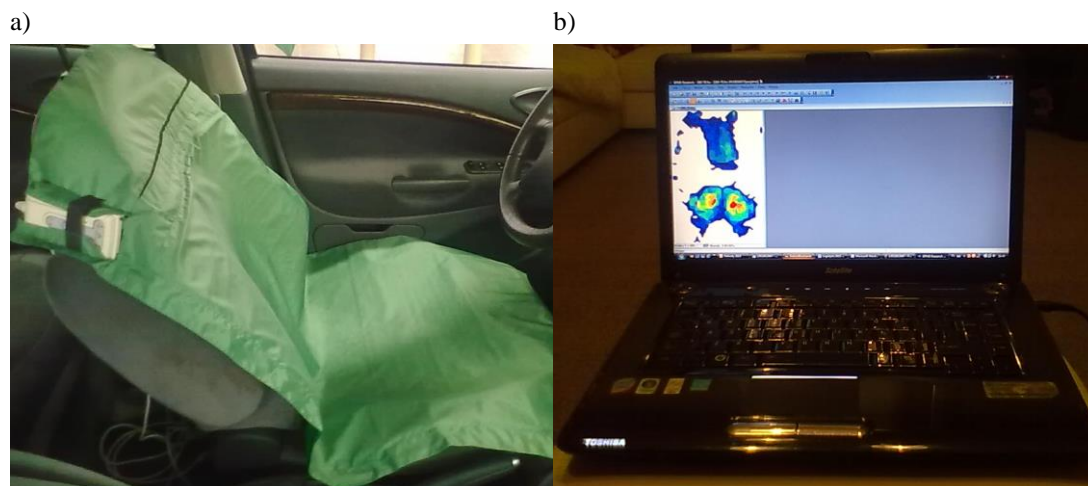
Xuting Wu [10] przeprowadził badania porównawcze rozkładu nacisków dla dwóch rodzajów siedzisk samochodowych (siedzisko twarde, siedzisko miękkie). W badaniach uczestniczyło sześć osób, których płeć nie została podana. Wyniki przedstawiono w formie wykresów trójwymiarowych. Andreoni [1] do rejestracji rozkładu nacisków zastosował system TEKSCAN. W badaniach uczestniczyło siedem osób (sześciu mężczyzn i jedna kobieta). W trakcie badań osoby przyjmowały wygodną dla siebie pozycję, którą rejestrowano za pomocą optoelektronicznego czujnika.

Wyżej wspomniane badania stały się inspiracją do przeprowadzenia badań na znacznie większej liczbie osób celem poszukiwania korelacji wielkości charakteryzujących rozkład nacisków na siedzisku z cechami antropometrycznymi badanych osób.

2. Aparatura pomiarowa – System BPMS

Badania przeprowadzono z wykorzystaniem systemu pomiarowego BPMS (rys. 3), w skład którego wchodziły następujące komponenty:

- moduł pomiarowy z interfejsem USB do połączenia z komputerem,
- oprogramowanie wraz z mapami czujników – mapa, czyli biblioteka umożliwiająca podłączenie konkretnego modelu czujnika do systemu,
- czujnik 5400N (mata pomiarowa).



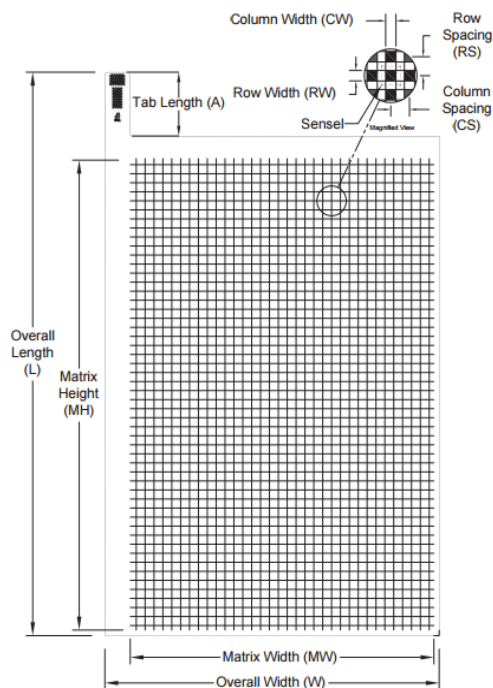
Rys. 3. Elementy układu pomiarowego: a) czujnik 5400N (mata pomiarowa) umieszczony na fotelu wraz z uchwytem Evolution Handle, b) komputer PC wraz z oprogramowaniem.

Podstawowe parametry systemu pomiarowego przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Parametry systemu pomiarowego BPMS [12]

Nazwa	Wartość
Dokładność systemu	10%
Błąd liniowości	5%
Powtarzalność	3.5%
Histeresa	4.5%
Czas odpowiedzi	20 μ s
Temperatura pracy	od -9°C do 60°C

Giętka mata pomiarowa firmy Tekscan™ (model 5400N) (rys. 4, tab. 2) składa się między innymi z 1768 sensorów wykorzystujących zjawisko zmiany rezystancji elektrycznej materiału na skutek działającej siły mechanicznej. Połączona z komputerowym systemem akwizycji danych umożliwia uzyskanie mapy nacisków w czasie rzeczywistym na powierzchni o wymiarach 578,1 mm x 883,9 mm.



Rys. 4. Wymiary maty pomiarowej model 5400N [12]

Tabela 2. Wymiary i parametry maty pomiarowej [12]

Nazwa	Wartość
Długość całkowita (L), mm	1059,9
Wysokość matrycy (MH), mm	883,9
Szerokość całkowita (W), mm	640,1
Szerokość matrycy (MW), mm	578,1
Liczba punktów pomiarowych	1768
Gęstość punktów pomiarowych, punktu pomiarowego/cm ²	0,3
Zakres nacisków powierzchniowych, kPa	0-648
Grubość w rejonie pomiarowym, mm	0,3

3. Przebieg badań

W przeprowadzonych badaniach brały udział zarówno kobiety, jak i mężczyźni w wieku od 20 do 25 lat. Osoby te scharakteryzowano poprzez pomiar wielkości antropometrycznych takich jak: wzrost, masa. Wielkości te umożliwiły wyznaczenie dla każdej z tych osób wskaźnika masy BMI (*ang. Body Mass Index*) [3, 9, 11] oraz wskaźnika będącego ilorazem masy i wzrostu.

BMI to wskaźnik wykorzystywany w medycynie, którego wartość jest uzyskiwana przez podzielenie masy ciała (m) podanej w kilogramach przez kwadrat wzrostu (h) podany w metrach [3, 9, 11].

$$BMI = \frac{m}{h^2} \quad (1)$$

Dla osób dorosłych wartość BMI może wskazywać na: niedobór masy, masę prawidłową, pierwszy stopień otyłości, drugi stopień otyłości bądź trzeci stopień otyłości co przedstawia tabela 3. Wartości wskaźnika BMI podane w tabeli 3 nie dotyczą: osób poniżej 18 lat, osób w podeszłym wieku, kobiet w ciąży oraz sportowców [11].

Tabela 3. Przedziały wskaźnika otyłości

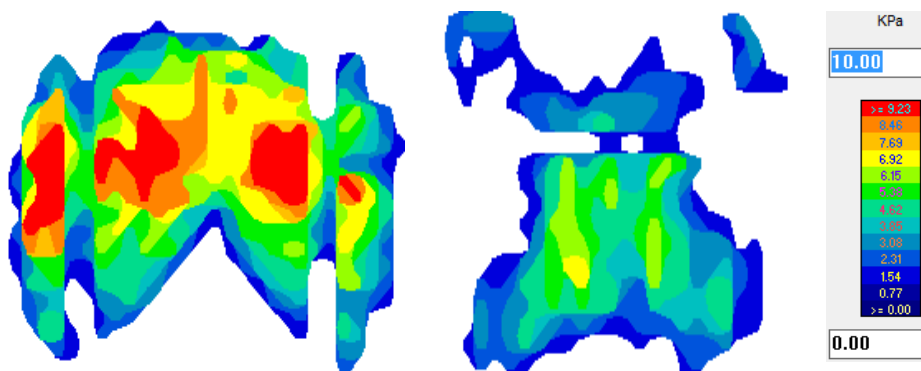
Status	Zakres wartość BMI, kg/m ²	
	Mężczyzna	Kobieta
niedobór masy	< 20.7	< 19.1
masa prawidłowa	20.7 - 26.4	19.1 - 25.8
pierwszy stopień otyłości	26.5 - 27.8	25.9 - 27.3
drugi stopień otyłości	27.9 - 31.1	27.4 - 32.3
trzeci stopień otyłości	> 31.1	> 32.3

Przedmiotem badań były fotele dwóch samochodów osobowych. Jednym z nich był fotel samochodu zaliczanego do klasy samochodów miejskich, a drugi to fotel samochodu zaliczanego do klasy niższej - średniej.

W trakcie eksperymentu osoby uczestniczące w badaniach zajmowały na siedzisku swobodną a jednocześnie wygodną pozycję.

Wykorzystany do badań system pomiarowy BPMS rejestrował wartości sił w 1768 punktach oraz wyznaczał:

- pole powierzchni kontaktu pośladków z siedziskiem oraz pleców z oparciem,
- rozkład nacisków wywieranych przez pośladki na siedzisko oraz przez plecy na oparcie (rys. 5),
- maksymalną wartość nacisku wywieranego przez pośladki na siedzisko oraz przez plecy na oparcie [11].

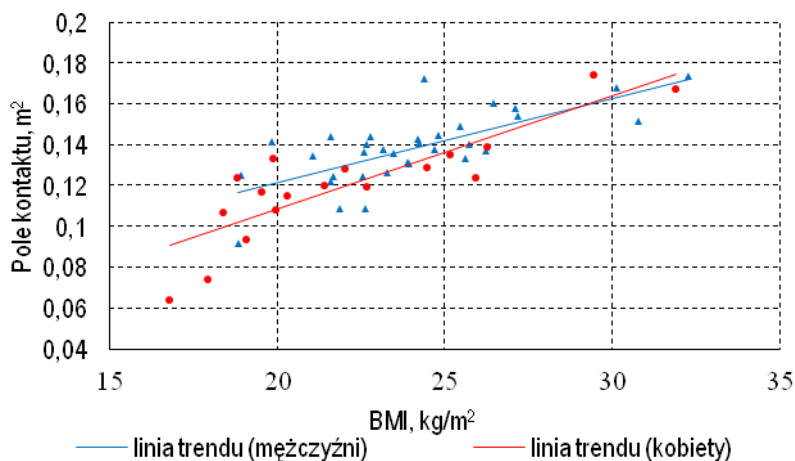


Rys. 5. Przykładowy rozkład nacisków ciała zarejestrowany na siedzisku oraz oparciu.

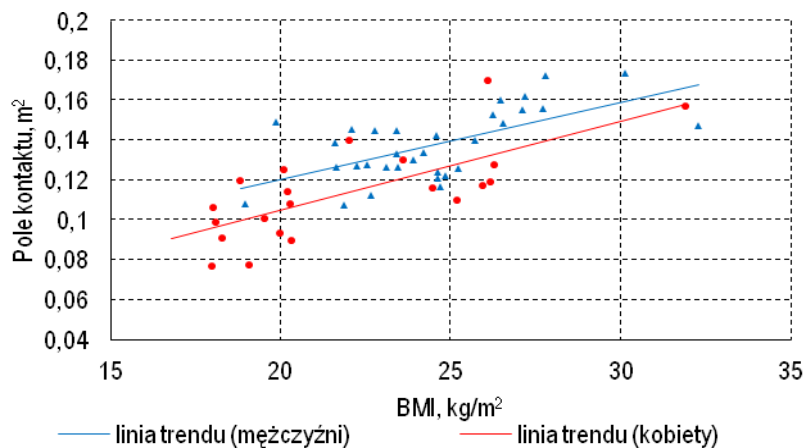
Wartości nacisków oprócz zapisanych danych do pliku są prezentowane w formie graficznej, przy czym im „cieplejszy” kolor tym naciski są większe.

4. Analiza wyników badań

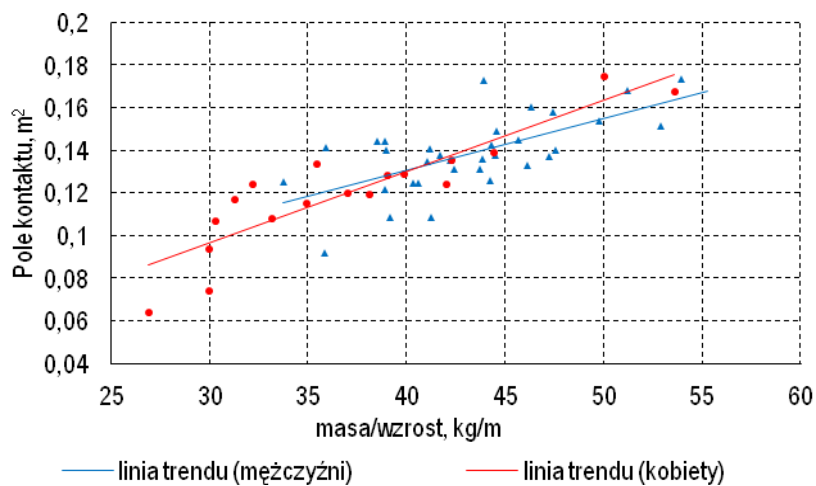
Zarejestrowane wielkości charakteryzujące rozkład nacisków na siedzisku i oparciu fotela posłużyły do wyznaczenia ich korelacji z podstawowymi cechami antropometrycznymi badanych osób. Wyniki analiz w formie graficznej przedstawiono na rysunkach 6-11.



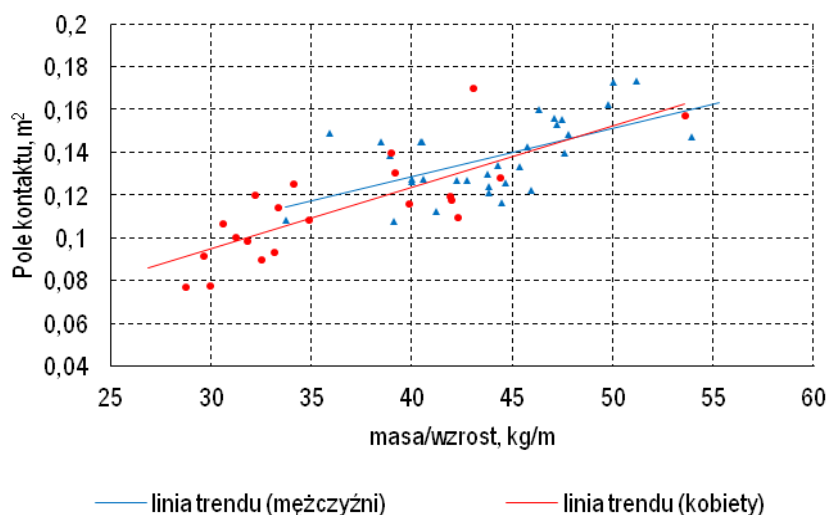
Rys. 6. Zależność między wielkością pola powierzchni kontaktu pośladków z siedziskiem a wskaźnikiem BMI badanych osób dla samochodu klasy miejskiej



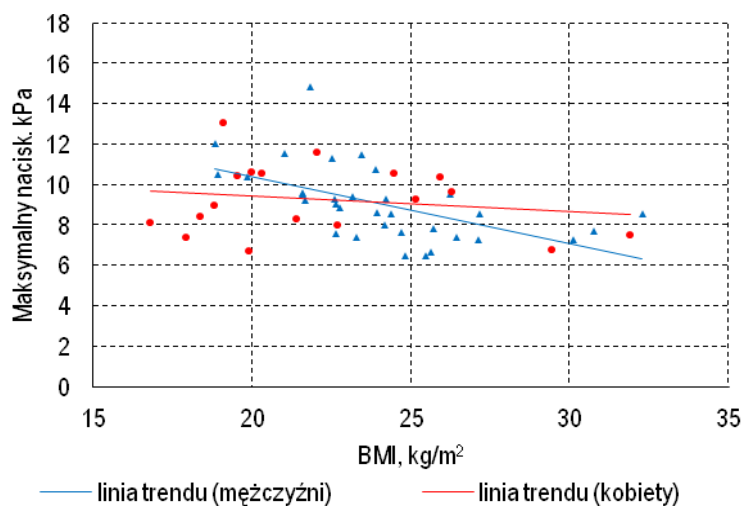
Rys. 7. Zależność między wielkością pola powierzchni kontaktu pośladków z siedziskiem a wskaźnikiem BMI badanych osób dla samochodu klasy niższej - średniej



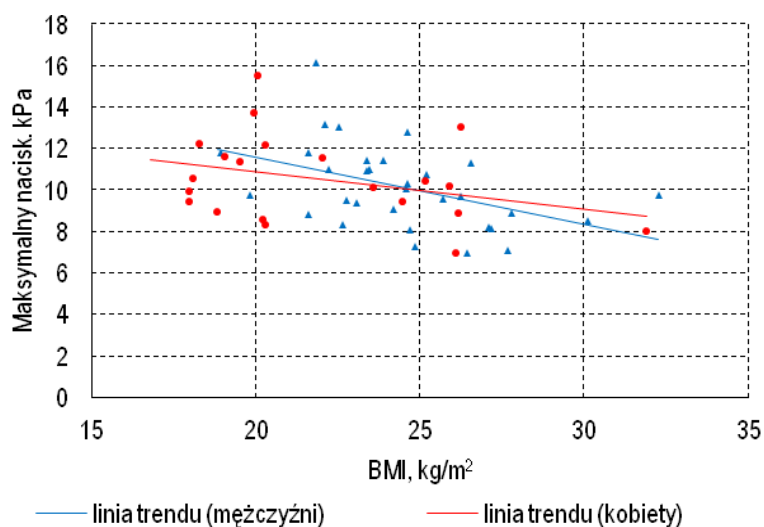
Rys. 8. Zależność między wielkością pola powierzchni kontaktu pośladków z siedziskiem a ilorazem masy i wzrostu badanych osób dla samochodu klasy miejskiej



Rys. 9. Zależność między wielkością pola powierzchni kontaktu pośladków z siedziskiem a ilorazem masy i wzrostu badanych osób dla samochodu klasy niższej - średniej



Rys. 10. Zależność między maksymalnym naciskiem pośladków na powierzchnię siedziska a wskaźnikiem BMI badanych osób dla samochodu klasy miejskiej



Rys. 11. Zależność między maksymalnym naciskiem pośladków na powierzchnię siedziska a wskaźnikiem BMI badanych osób dla samochodu klasy niższej - średniej






Oceny korelacji i istnienia zależności pomiędzy zarejestrowanymi wielkościami charakteryzującymi rozkład nacisków na siedzisku (pola kontaktu pośladków z siedziskiem, maksymalnego nacisku pośladków na siedzisko) a wskaźnikami charakteryzującymi osoby biorące udział w badaniach (BMI, iloraz masy i wzrostu) dokonano według I. P. Guiforda [4]. Na szesnaście przeprowadzonych analiz korelacji ani razu nie stwierdzono korelacji bardzo wysokiej. W pięciu analizowanych przypadkach stwierdzono korelację wysoką, w siedmiu przypadkach korelację umiarkowaną (tab. 4).

W pozostałych czterech przypadkach stwierdzono korelację niską i słabą co oceniane jest odpowiednio jako: zależność wyraźna lecz mała „korelacja niska” oraz słaba „prawie nie mająca znaczenia”.

Tabela 4. Zestawienie współczynników korelacji

Współczynnik korelacji		Wskaźnik	
		BMI	masa/wzrost
Pole kontaktu, mm ²	Samochód klasy miejskiej	0,72(♂)	0,62(♂)
		0,85(♀)	0,72(♀)
	Samochód klasy niższej średniej	0,65(♂)	0,59(♂)
		0,89(♀)	0,78(♀)
Maksymalny nacisk, kPa	Samochód klasy miejskiej	-0,56(♂)	-0,45(♂)
		-0,18(♀)	-0,33(♀)
	Samochód klasy niższej średniej	-0,57(♂)	-0,46(♂)
		-0,24(♀)	-0,28(♀)

gdzie:

	– współczynnik korelacji poniżej 0,2, korelacja słaba, zależność prawie nie mająca znaczenia;
	– współczynnik korelacji > 0,2 oraz ≤ 0,4, korelacja niska, zależność wyraźna lecz mała;
	– współczynnik korelacji >0,4 oraz ≤ 0,7, korelacja umiarkowana, zależność istotna;
	– współczynnik korelacji >0,7 oraz ≤ 0,9, korelacja wysoka, zależność znacząca;
	– współczynnik korelacji >0,9 oraz ≤ 1,0, korelacja bardzo wysoka, zależność pewna.

Podsumowanie

Zaprezentowane w pracy wyniki stanowią fragment laboratoryjnych badań prowadzonych w zakresie komfortu statycznego użytkowników pojazdów samochodowych.

Na podstawie uzyskanych wyników, sporządzonych wykresów oraz oceny korelacji sformułowano następujące wnioski:

- średnia wartość maksymalnych nacisków zarejestrowanych dla wszystkich przebadanych osób na siedzisku samochodu klasy miejskiej wyniosła 9,13 kPa i okazała się mniejsza o ponad 11 % od średniej wartości maksymalnych nacisków zarejestrowanych na siedzisku samochodu klasy niższej średniej;
- dla kobiet, średnia wartość maksymalnych nacisków zarejestrowanych w samochodzie klasy miejskiej i niższej średniej wyniosła 9,9 kPa i jest większa od średniej wartości maksymalnych nacisków zarejestrowanych na tych samych siedziskach dla mężczyzn o 2,5%.

- w sposób znaczący i istotny na wielkość pola kontaktu pośladków z siedziskiem wpływa wskaźnik BMI oraz iloraz masy i wzrostu. Wraz ze wzrostem tych wskaźników rośnie powierzchnia kontaktu pośladków z siedziskiem;
- w sposób istotny na maksymalny nacisk pośladków na siedzisko wpływają wskaźniki wyznaczone dla mężczyzn: masa/wzrost, BMI. Wraz ze wzrostem tych wskaźników rośnie powierzchnia kontaktu pośladków z siedziskiem;
- dla kobiet w sposób wyraźny na maksymalny nacisk pośladków na siedzisko wpływają: iloraz masy i wzrostu oraz BMI;

Znajomość rozkładów nacisków na siedziskach foteli samochodowych może się przyczynić do optymalizacji projektowania foteli samochodowych oraz do poprawy matematycznych modeli manekinów, wykorzystywanych do testowania siedzisk samochodowych.

Wyniki wskazują na konieczność prowadzenia dalszych badań z udziałem większej liczby samochodów tych samych klas oraz osób, u których zostaną zidentyfikowane inne wymiary antropometryczne takie jak np. obwód bioder.

Literatura

1. Andreoni G, Santambrogio G C, Rabuffetti M, Pedotti A. Method for the analysis of posture and interface pressure of car drivers. *Applied Ergonomics* 33. 2002: 511-522.
2. Hinz B, Gericke L, Keitel J, Menzel G, Seidel H. Untersuchungen der Druckverteilungen an der Kontaktstelle Mensch-Sitz in Abhängigkeit von Sitzen, Haltungen und Körpermaßen. *Z. Arbeitswissenschaft* 54. 2002: 125- 188.
3. Matusik P, Małecka-Tendera E, Nowak A, Metody stosowane w praktyce pediatrycznej do oceny stopnia odżywienia dzieci. *Endokrynologia, Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii* 2005; 1(2).
4. Mończak K, Technika planowania eksperymentu. WNT, Warszawa 1976.
5. Reed M P, Saito M, Kakishima Y, Lee N S, Schneider L W. An investigation of driver discomfort and related seat design factors in extended-duration driving. *Society of Automotive Engineers*. 1991; 910117.
6. Reed M P, Schneider L W, Ricci L. L.: Survey of auto seat design recommendations for improved comfort (No. UMTRI-94-6). University of Michigan, Transportation Research Institute, 1994.
7. Szelichowski S. Drgania a komfort fotela kierowcy. *AUTO-Technika Motoryzacyjna* 7'89.
8. Thakurta K, Koester D, Bush N, Bachle S. Evaluating short and long term seating comfort. *Society of Automotive Engineers*. 1995; 910144.
9. Tsigos C, Hainer V, Basdevant A, Finer N, Fried M, Mathus-Vliegen E, Micic D, Maislos M, Roman G, Schutz Y, Toplak H, Zahorska-Markiewicz B. Postępowanie w otyłości dorosłych: europejskie wytyczne dla praktyki klinicznej. Tłumaczenie Zahorska-Markiewicz B. *Via Medica*, Gdańsk; ISSN 1734–3321.
10. Wu X, Rakheja S, Boileau P-É. Study of human-seat interface pressure distribution under vertical vibration. *Int. J. of Industrial Ergonomics* 21. 1998: 433-449.
11. Available from: www.poradnia.pl [cited 2016 Nov 2].
12. Available from www.tekscan.com [cited 2016 Nov 2].

13. Zabłocki M, Sydor M. (2009). Ergonomy of the inside of a motorcar cabin used by a person with locomotive disability-a case study. Part I. Anthropometric analysis. *Journal of KONES*, 16, 559-566.
14. Zuska A, Stańczyk T L. Analysis of the impact of selected anthropometric parameters on the propagation of vertical vibration in the body of a seated person (driver), *JVE Journal of Vibroengineering*. 2015; 17(7).
15. Zuska A, Stańczyk T L. Application of anthropodynamic dummies for evaluating the impact of vehicle seat vibrations upon human body, *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, 2015; 54(4).
16. Zuska A, Stańczyk T L. Przegląd antropodynamicznych modeli siedzącego człowieka pod kątem wykorzystania ich do badań komfortu wibracyjnego kierowcy (Review of anthropo-dynamic models of the seated human with respect to investigations on driver's vibration comfort). 2014; (3).
17. Zuska A, Stańczyk T L. Review of anthropodynamic dummies used to evaluate the effect of vibrations on sitting human (vehicle driver). *The Archives of Automotive Engineering – Archiwum Motoryzacji*. 2014; 63(3): 65-74.