

---

**Maciej Sydor**  
**Mateusz Ligocki**

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
Wydział Technologii Drewna  
Katedra Obrabiarek i Podstaw Konstrukcji Maszyn

# Metoda projektowania indywidualnego w zastosowaniu do meblarskiej zabudowy kuchennej przeznaczonej dla osoby niepełnosprawnej

## Streszczenie

Projektowanie prowadzi do sporządzenia zapisu konstrukcji wyrobu lub usługi. W trakcie projektowania należy podjąć szereg decyzji, a popełnienie chociażby jednego błędu może skutkować zaprojektowaniem wyrobu niedopasowanego do potrzeb użytkownika. W przypadku projektowania meblarskiej zabudowy kuchennej ważne są jej wymiary funkcjonalne. Ich prawidłowy dobór do potrzeb określonego użytkownika sprawia, że kuchnia jest ergonomiczna. W celu umożliwienia prawidłowego doboru tych wymiarów zaproponowano autorską metodykę, w której użyto optycznego skanera 3D do odczytu „informacji ergonomicznej” wprost z użytkownika, a następnie wykorzystanie jej w projektowaniu. Taka metoda projektowania indywidualnego doskonale nadaje się do projektowania wyrobów dla osób o specjalnych potrzebach. Potwierdzono to, wykonując weryfikację zaproponowanej metodyki w tzw. mobilnej kuchni.

**Słowa kluczowe:** osoby z niepełnosprawnością, niepełnosprawność, dostępna kuchnia, kastomizacja wyrobów, projektowanie, projektowanie mebli

## Individual design method applied to kitchen furniture intended for disabled person

### Summary

The main purpose of the design is to write down the construction of the product or service. In the design of a number of decisions to be taken, and committing even one mistake can result in non-ergonomics product design. In the case of kitchen furniture design, some key functional dimensions are important. Their correct selection for the somatic features of the user makes the kitchen is ergonomic. In the case of kitchen furniture design, some functional dimensions are important, and their correct choice for the somatic features of the user causes the kitchen to be ergonomic. In order to allow for proper selection of these dimensions, an authoritative methodology was proposed, which used a 3D scanner to read „ergonomic information” directly from the user. This

individual design method is ideal for designing products for people with special needs. This was confirmed by the verification of the proposed methodology in the so-called Mobile Kitchen. In order to allow for proper selection of these dimensions, an original methodology was proposed, which used a 3D scanner to read „ergonomic information” directly from the furniture user, then use it in engineering design. This individual design method is ideal for designing products for people with disabilities. This was confirmed by the verification of the proposed methodology in the mobile kitchen laboratory.

**Keywords:** disabled persons, disability, product customization, design, furniture design

## Wstęp

Projektowanie jest procesem, w wyniku którego uzyskuje się kompletną, jednoznaczną i niesprzeczną wewnętrzną dokumentację umożliwiającą wytworzenie wyrobów lub zaproponowanie usług skutecznie zaspakajających określone potrzeby ich przyszłych użytkowników. Według Morrisa Asimowa, projektowanie to „podejmowanie decyzji w warunkach niepewności i przy wysokiej karze za błąd”<sup>1</sup>. Ponieważ projektowanie znajduje się na początku procesu tworzenia nowego wyrobu, nawet niewielkie błędy popełnione na tym etapie mogą uniemożliwić wybór najlepszego rozwiązania. Posługując się analogią ze statystyki matematycznej, błędy projektowe można podzielić na cztery grupy<sup>2</sup>:

- błąd pierwszego rodzaju (błąd odrzucenia, czyli tzw. alfa-błąd) polega na uznaniu za błędne rozwiązania, które w rzeczywistości jest najlepsze z możliwych;
- błąd drugiego rodzaju (błąd przyjęcia, czyli tzw. beta-błąd), czyli przyjęcie niewłaściwego wariantu rozwiązania technicznego;
- błąd trzeciego rodzaju<sup>3</sup> to poprawne rozwiązanie niewłaściwego problemu;
- błąd czwartego rodzaju ma miejsce w przypadku, gdy do rozwiązania poprawnie sformułowanego problemu użyje się niewłaściwego narzędzia<sup>4</sup>.

Błędy mogą wynikać z wielu przyczyn, stanowić konsekwencję błędów ludzkich lub być uwarunkowane przesłankami zewnętrznymi (brak możliwości zaczerpnienia informacji, brak możliwości wytwórczych, względy ekonomiczne, marketingowe lub moda preferująca rozwiązania „antyergonomiczne”).

<sup>1</sup> M. Asimow, *Introduction to Design*, t. 394, New Jersey, Prentice-Hall Englewood Cliffs, 1962

<sup>2</sup> M. Sydor, *Wprowadzenie do CAD. Podstawy komputerowo wspomaganego projektowania*, Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2009

<sup>3</sup> Klasyczne podejście do testowania hipotez statystycznych, wywodzące się od Jerzego Neymana i Egon Pearsona, posługuje się dwoma rodzajami błędów: pierwszego rodzaju i drugiego rodzaju. W 1957 r. statystyk Allyn W. Kimball zaproponował wprowadzenie błędu trzeciego rodzaju jako błędu polegającego na prawidłowym metodycznie rozwiązaniu niewłaściwego problemu; H. Raiffa, *Decision Analysis: Introductory Lectures on Choices und Uncertainty*, Addison-Wesley, 1968.

<sup>4</sup> Można jeszcze sformułować błąd piątego rodzaju polegający na zastosowaniu niewłaściwego narzędzia do niewłaściwie sformułowanego problemu.

Niezależnie od przyczyn ich powstawania, dobrym sposobem na unikanie błędów jest zastosowanie skutecznej metody projektowania. Ma to szczególne znaczenie przy projektowaniu dla osób niepełnosprawnych, czyli dla osób o niestandardowych potrzebach.

Według Światowej Organizacji Zdrowia na świecie żyje około miliard osób niepełnosprawnych. W Polsce 12,2% populacji, czyli niemal 5 milionów ludzi, uważa się za osoby niepełnosprawne. Dysfunkcje narządów ruchu są najczęstszą przyczyną niepełnosprawności, występują aż u 56% osób niepełnosprawnych<sup>5</sup>. Stanowi to odpowiednio dużą grupę osób, która zupełnie niesłusznie bywa pomijana przy projektowaniu nowych wyrobów jako „nieopłacalna” lub „trudna”. Warto jednak pamiętać, że odpowiadanie na wymagania osób o specjalnych potrzebach przywraca główny sens idei humanocentrycznego projektowania technicznego jako drogi do poprawy jakości życia.

Nie wszędzie wykonalne jest całkowite zoptymalizowanie całego otoczenia dla potrzeb osób niepełnosprawnych, niemniej warto podejmować wzmożone działania np. w przestrzeniach mieszkalnych, gdzie można pozwolić sobie na dość szeroki zakres aranżacji w zakresie rodzaju i układu przestrzennego wyposażenia. Jak powszechnie wiadomo, poszczególne części mieszkania pełnią specyficzne dla siebie funkcje. Pomieszczenie kuchenne wraz z jego wyposażeniem zwykle zaspokaja dwie grupy potrzeb. Są to: potrzeby podstawowe (przygotowanie posiłku, spożywanie posiłku, sprzątanie, przechowywanie żywności) oraz potrzeby wyższego rzędu (socjalizacja – miejsce spotkań, samorealizacja, estetyka). Obraz kuchni jako pomieszczenia i jego wyposażenia, który znamy dzisiaj, pojawił się w latach 20. XX w. W ramach specyficznej dla modernizmu „architektury społecznie zaangażowanej” powstała wtedy koncepcja tzw. kuchni frankfurckiej, autorstwa Margarete Schütte-Lihotzky<sup>6</sup>.



**Ryc. 1. Kuchnia frankfurcka**

(fot. Visual Resources Department, Minneapolis Institute of Art<sup>7</sup>)

<sup>5</sup> A. Zajenkowska-Kozłowska, *Niepełnosprawność*, [w:] *Stan zdrowia ludności Polski w 2009 roku*, Warszawa, Zakład Wydawnictw Statystycznych, 2011, s. 69–79

<sup>6</sup> S. R. Henderson, *A revolution in the woman's sphere: Grete Lihotzky and the Frankfurt kitchen*, „Archit. Fem.” 1996, s. 221–253

<sup>7</sup> M. Schütte-Lihotzky, *Frankfurt Kitchen, 1926–1930*, 2004

Wykorzystując własne badania oraz prace naukowe Fredericka Winslowa Taylora stworzyła ona wydajne i produktywne „przemysłowe laboratorium kuchenne”, które cechowało się wysokim poziomem organizacji zadań realizowanych przy wykonaniu minimalnej ilości ruchów. W niewielkim pomieszczeniu o wymiarach 1,9 na 3,4 m umieszczono wszystkie potrzebne sprzęty i schowki, do których dostęp można było uzyskać, siedząc na obrotowym taborecie. Projekt ten odpowiadał na nowe potrzeby społeczne oraz mieszkaniowe Frankfurtu i dlatego 10 000 takich prefabrykowanych modułów kuchennych zostało zainstalowanych w mieszkaniach nowo budowanych osiedli (ryc. 1).

Warto wspomnieć tutaj o historycznej roli tego projektu. Nie tylko ustanowił on na lata standard kuchni ergonomicznej, ale również stał się symbolem emancypacji kobiet, głównie za sprawą samej Schütte-Lihotzky, która jest pierwszą austriacką kobietą z tytułem zawodowym inżyniera architekta. Sama kuchnia również wyraźnie odpowiadała na potrzeby ówczesnych emancypujących się kobiet, które coraz częściej podejmowały „męską” pracę zarobkową i nie mogły poświęcić zbyt dużej ilości czasu na prace domowe. Ze względu na ówczesne możliwości technologiczne, każda z prefabrykowanych „kuchni frankfurckich” miała takie same wartości wymiarów funkcjonalnych. Bardzo ograniczało to adaptację mebli do potrzeb szczególnie wyspecjalizowanej grupy odbiorców.

Współcześnie projektowane zabudowy meblarskie, choć w pewnym stopniu powiązane są ze swoim przodkiem, dawno zatraciły swój industrialny charakter. Już od wielu lat przemysłowi producenci mebli kuchennych oferują klientom tzw. masową kastomizację końcowego wyrobu (ang. *mass customisation*)<sup>8</sup>, czyli wielowariantowe wyroby wytwarzane za pomocą wydajnych współczesnych systemów przemysłowych oferujących produktywność charakterystyczną dla produkcji masowej. Niestety, w większości przypadków nie przekłada się to na poprawę ergonomii wyrobów, a jedynie na niemal nieskończoną indywidualizację wyglądu zabudowy meblarskiej.

Odpowiadanie na specyficzne i bardzo różniące się od siebie potrzeby osób niepełnosprawnych jest szczególnie trudnym zadaniem przy projektowaniu pomieszczenia kuchennego. Zwykle nie sprawdzają się tutaj stosunkowo szczegółowe informacje zamieszczone w atlasach antropometrycznych (np. w popularnym atlasie Giedliczki<sup>9</sup>). Nie do końca sprawdza się również metodyka projektowania uniwersalnego<sup>10</sup>, która jest bardzo dobrym rozwiązaniem do projektowania

<sup>8</sup> T. Lihra, U. Buehlmann i R. Beauregard, *Mass customisation of wood furniture as a competitive strategy*, „Int. J. Mass Cust.” 2008, t. 2, Nr 3–4, s. 200–215

<sup>9</sup> A. Gedliczka i P. Pochopień, *Atlas miar człowieka: dane do projektowania i oceny ergonomicznej: antropometria, biomechanika, przestrzeń pracy, wymiary bezpieczeństwa*, Centralny Instytut Ochrony Pracy, 2001

<sup>10</sup> *Universal Design Principles*, The Center for Universal Design (CUD), North Carolina State University, 1997

przestrzeni publicznych, możliwie najwygodniejszym dla jak najszerzego grona użytkowników. Przy projektowaniu indywidualnych wnętrz kluczowe wydaje się zidentyfikowanie wymagań określonego użytkownika niepełnosprawnego, ponieważ osoby z dysfunkcjami mają mniejszą od osób pełnosprawnych zdolność „przystosowania się” do nieergonomicznych rozwiązań. Często należy poszukiwać nietypowych, a nie sprawdzonych na szeroką skalę rozwiązań. Wydłuża to czas potrzebny na przygotowanie projektu, zwiększa koszty związane z opracowaniem i wdrożeniem skutecznych rozwiązań technicznych. Efektywne zaangażowanie końcowego użytkownika w proces projektowy może rozwiązać część z tych problemów<sup>11</sup>. Osoby niepełnosprawne są zwykle ekspertami w zakresie własnych problemów zdrowotnych, wykorzystanie od nich informacji ergonomicznych, w ramach projektowania współuczestniczącego (ang. *participatory design* lub *co-design*)<sup>12</sup>, może umożliwić skuteczne przełożenie tych danych na nowy produkt.

Metodyka projektowania współuczestniczącego została sformułowana w latach 90. XX w. Wykorzystano nowe w tym czasie możliwości parametrycznego projektowania wspomaganego komputerowo. Początkowo metodyka ta dotyczyła współbieżnego wykonywania czynności projektowych przez inżynierów projektujących konstrukcję oraz technologię jej wytworzenia<sup>13</sup>. Dopiero około 10 lat temu miały miejsce udane próby włączenia niespecjalisty, czyli klienta (użytkownika projektowanego wyrobu) w proces tworzenia zapisu konstrukcji nowego wyrobu. Powstało oprogramowanie do projektowania zabudów meblarskich za pomocą Internetu. Interfejsy tych aplikacji są na tyle uproszczone, że umożliwiają korzystanie z nich przez każdego. Projektowanie indywidualnej zabudowy meblarskiej za pomocą aplikacji uruchamianej w przeglądarce internetowej polega najczęściej

<sup>11</sup> B. Branowski i M. Zabłocki, *Metodyczne i konstrukcyjne aspekty w projektowaniu dla osób niepełnosprawnych*, [w:] *Rozwój środków lokomocji i środków komunikowania się dla osób niepełnosprawnych*, Kraków, 2001, s. 100–115; B. Branowski, M. Rychlik, M. Sydor i M. Zabłocki, *Graphic 3D ergonomic database in evaluation of virtual models of kitchen design/adaptation for needs of handicapped persons*, „Вісник Національний Університет Львівська Політехніка” 2011, t. 711, s. 121–123; B. Branowski i D. Torzyński, *Twórcze wyzwania projektowania dla seniorów i osób z niepełnosprawnościami – studium przypadku dużego projektu badań stosowanych*, [w:] *Projektowanie dla seniorów i osób niepełnosprawnych. Badania. Analizy. Oceny. Konstrukcje*, Poznań, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej, 2015, s. 49–66; B. Branowski i J. Gabryelski, *Bariery i potrzeby seniorów i osób z niepełnosprawnościami [barriers and needs of seniors and people with disability]*, [w:] *Projektowanie dla seniorów i osób niepełnosprawnych. Badania. Analizy. Oceny. Konstrukcje*, red. B. Branowski, Poznań, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej, 2015, s. 32–48

<sup>12</sup> H. Sanoff, *Participatory design in focus*, „Archit. Behav.” 1988, t. 4, Nr 1, s. 27–42; D. Schuler i A. Namioka, *Participatory design: Principles and practices*, CRC Press, 1993; R. Luck, *Dialogue in participatory design*, „Des. Stud.” 2003, t. 24, Nr 6, s. 523–535

<sup>13</sup> G. Sohlenius, *Concurrent engineering*, „CIRP Ann.-Manuf. Technol.” 1992, t. 41, Nr 2, s. 645–655; J. Smardzewski, *Projektowanie mebli*, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, 2008

na wyborze szafek i akcesoriów z pewnego zamkniętego zbioru stanowiącego aktualną ofertę handlową określonego producenta lub sieci handlowej. W każdym wybieranym elemencie można zmienić specyficzne dla niego parametry (wymiary w ramach typoszeregu, wykończenie powierzchni, układ wewnętrzny, itp.). Aplikacje te są częścią bardziej rozbudowanych przemysłowych systemów komputerowych do planowania zasobów przedsiębiorstwa (ang. *enterprise resource planning* – ERP<sup>14</sup>). Typowy „meblarski” przemysłowy system informatyczny klasy ERP, zapewniający przepływ informacji od klienta, przez proces produkcji, aż do finalizacji zamówienia bazuje na ogólnych zasadach konstrukcyjnych oraz na szczegółowych regułach technologicznych obowiązujących u określonego wytwórcy. Klient widzi efekt swoich decyzji projektowych w formie wizualizacji umeblowanego pomieszczenia, może podejmować decyzje projektowe (w ramach zamkniętego zbioru możliwości).

Mniej więcej w 2012 r. rozwinięto wyżej opisaną metodykę, wprowadzając bardzo innowacyjną zmianę. Zamiast oferować zamknięty zbiór gotowych rozwiązań meblarskich, umożliwia się projektowanie mebli na dowolny wymiar z uwzględnieniem wpisanych w oprogramowanie reguł technologicznych i dodatkowo możliwa jest wstępna „wirtualna” weryfikacja wyglądu zaprojektowanych mebli w konkretnym pomieszczeniu kuchennym<sup>15</sup>. Wprowadza w ten sposób o wiele dalej idącą indywidualizację wyrobów meblarskich, czyli zwiększa stopień ich dopasowania do wymiarów pomieszczenia oraz do innych wymagań klientów. Opisywana innowacja jest atrakcyjna dla wszystkich klientów i szczególnie istotna dla klientów o specjalnych potrzebach, czyli na przykład dla osób niepełnosprawnych oraz dla seniorów. Umożliwia zastosowanie indywidualnych rozwiązań bez zwiększenia kosztu wytwarzania mebli. Możliwe też jest przygotowanie zapisu konstrukcji wielu wariantów projektowanej indywidualnej zabudowy meblarskiej i następnie wybór najlepszego wariantu rozwiązania, biorąc pod uwagę wygląd (na podstawie wizualizacji), wymiary (np. rodzaj i rozmieszczenie uchwytów), akcesoria oraz cenę.

Pomimo tak znacznego rozwoju technicznego nadal problemem pozostaje właściwy dobór konkretnych rozwiązań do określonych wymiarów ciała użytkownika. Kierując się tą przesłanką, w niniejszym artykule przedstawiono oryginalną metodykę projektowania zindywidualizowanego zabudowy kuchennej, z wykorzystaniem zaawansowanych narzędzi informatycznych, które umożliwiają sprawne gromadzenie oraz przetwarzanie danych antropometrycznych. Takie podejście wprowadza istotne rozszerzenie opisywanej wyżej metodyki projektowania współuczestniczącego w zastosowaniu do mebli kuchennych, umożliwia

<sup>14</sup> J. Smardzewski, *Komputerowo zintegrowane projektowanie mebli*, Poznań, Państwowe Wydawnictwa Rolnicze i Leśne, 2007

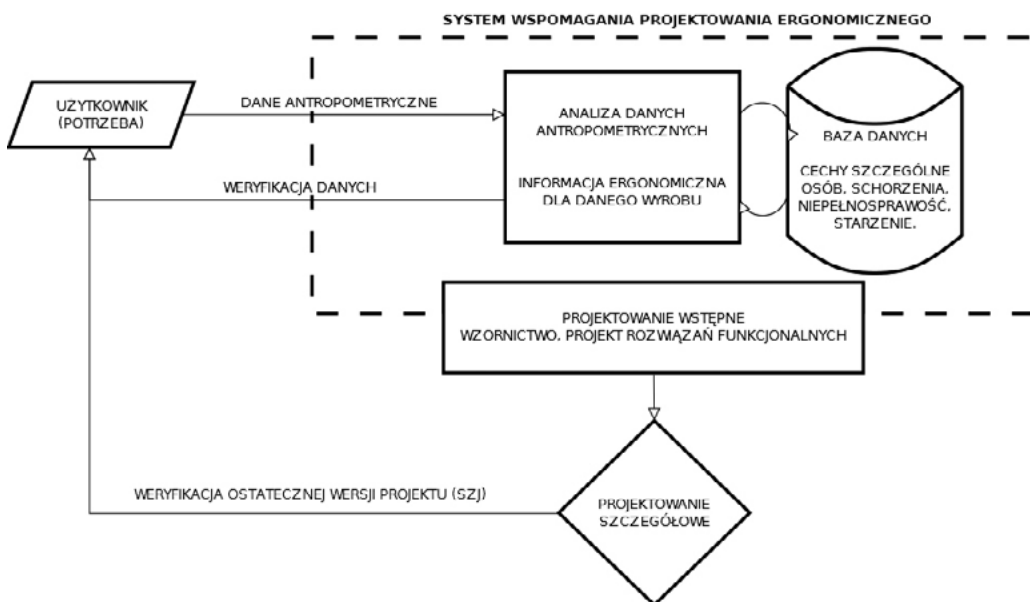
<sup>15</sup> *Imos 12.0 ist ab sofort verfügbar*, „Aktuelles im Überblick”, 22-cze-2015; K. Rykowski, *Inspiracja i produkcja*, „Kuchnie.pl” 2015, s. 7

nieinwazyjne i łatwe „pobieranie” informacji ergonomicznej wprost z dowolnego użytkownika, niezależnie czy jest osobą pełnosprawną, czy niepełnosprawną.

## Nowa metodyka projektowania zindywidualizowanego

### Założenia nowej metodyki

Jak wspomniano, metoda projektowania zindywidualizowanego zakłada silne powiązanie właściwości projektowanego wyrobu z cechami jego przyszłego użytkownika. Aby to osiągnąć, należy przeorganizować standardowy algorytm projektowania, poprzez wprowadzenie takiej metody projektowania wyrobu, w których to część decyzji projektowych podejmowanych nieobiektywnie, na bazie intuicji projektanta lub na podstawie jego wcześniejszych doświadczeń z innymi klientami, będzie wynikała z obiektywnych pomiarów cech określonej osoby (ryc. 2).



Ryc. 2. Schemat procesu projektowego z uwzględnieniem danych antropometrycznych<sup>16</sup>

W schemacie procesu projektowania przedstawionego na ryc. 2 przyszły użytkownik dostarcza nie tylko informacje o własnych wymaganiach, ale również o swoich cechach antropometrycznych, przez co jest bardziej włączony w proces

<sup>16</sup> M. Ligocki, *Opracowanie innowacyjnej metodyki akwizycji geometrycznych danych projektowych*, praca dyplomowa inżynierska, Poznań, Wydział Technologii Drewna, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, 2017

projektowy. Zdaniem autorów niniejszego artykułu uzyskano tutaj znacznie większe prawdopodobieństwo zaprojektowania wyrobu w pełni dostosowywanego do potrzeb użytkownika. Takie ścisłe połączenie zapisu konstrukcji wyrobu z „informacją ergonomiczną” określonego użytkownika bardzo dobrze wpisuje się w dezyderaty postulowane w systemach zarządzania jakością (SZJ<sup>17</sup>). Dane antropometryczne pobrane od użytkownika (w tym wypadku metodami skanowania optycznego 3D), poddawane są przetwarzaniu i bezpośrednio wpływają na właściwości konstrukcyjne projektowanego wyrobu. Proces ten wspomaga projektanta w podejmowaniu wielu ważnych decyzji, dzięki czemu w projekcie nie zostaną źle dobrane kluczowe wymiary funkcjonalne mebli.

W celu spełnienia założeń przedstawionej metodyki projektowania dokonano asymilacji innowacyjnych rozwiązań z zakresu obrazowania i analizy danych trójwymiarowych, używanych w przemyśle gier komputerowych. Wykorzystano tzw. kamerę głębokości, będącą częścią sensora ruchu Kinect 2, firmy Microsoft (ryc. 3).

Urządzenie to wykorzystuje zjawisko paralaksy, porównując strukturyzowaną wiązkę promieni podczerwonych, którymi oświetlany jest mierzony obiekt, z wzorcem zapisanym w pamięci, dzięki czemu można dokładnie określić odległość między danym punktem wiązki a sensorem. Dane te są zapisywane w postaci chmury punktów. Oprogramowanie skanera zawiera algorytmy wyspecjalizowane do rozpoznawania postaci ludzkiej: położenia i ruchu kończyn, gestów dłoni, mimiki twarzy, itp. Oznacza to, że w tej metodzie nie ma potrzeby stosowania markerów, wykorzystywanych w innych technikach do akwizycji ruchu (*motion capture*). Rejestrowane za pomocą skanera Kinect 2 informacje prezentuje ryc. 4<sup>18</sup>.

Kinect 2 dostarcza jednak tylko surowe dane w postaci wspomnianej chmury punktów. Nie są one możliwe do wykorzystania wprost w inżynierskim oprogramowaniu CAD (ang. *Computer Aided Design*), dlatego posłużono się komercyjnym programami iPi Motion Capture (iPi Soft) oraz ReCap (Autodesk) i przetworzono uzyskane dane na postać możliwą do zastosowania w programach projektowych. Proces zbierania i przetwarzania danych wyglądał następująco:



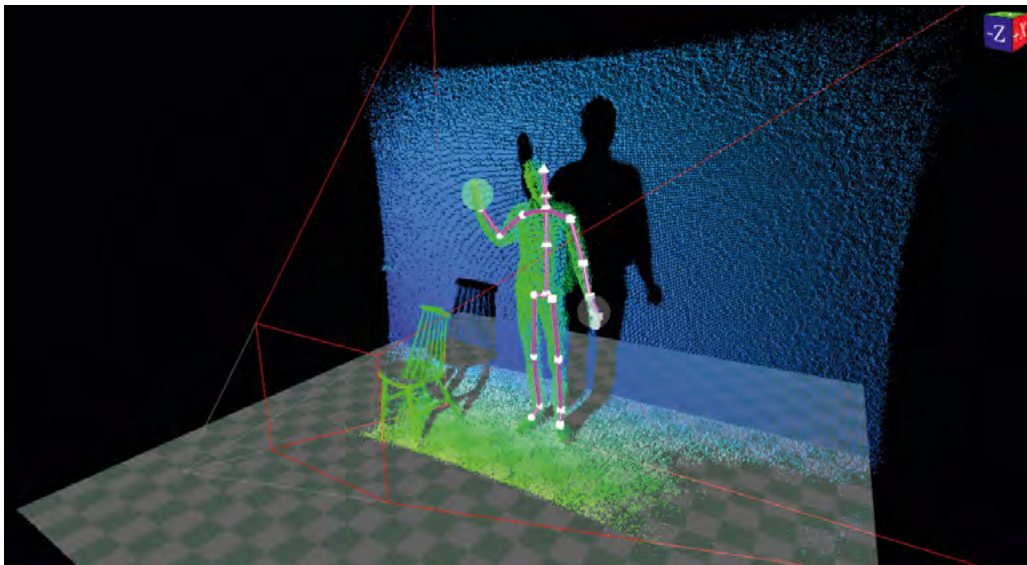
**Ryc. 3. Sensor Microsoft Kinect 2**

Źródło: opracowanie własne na podstawie oficjalnej strony producenta<sup>18</sup>

<sup>17</sup> A. Hamrol i W. Mantura, *Zarządzanie jakością: teoria i praktyka*, Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2009

<sup>18</sup> „Left view of Xbox Kinect”, *Kinect for Xbox One*, 21-Mar-2017





**Ryc. 4. Wizerunek mężczyzny widoczny w postaci chmury punktów, na którą nałożony został wirtualny model szkieletu**

Źródło: opracowanie własne

- w oprogramowaniu iPi Recorder 3 nagrywano skany głębokości z jednego sensora Kinect 2 (można zastosować kilka urządzeń, co zwiększy dokładność);
- nagrane dane poddawano obróbce w iPi Mocap Studio 3, polegającej na podglądzie nagrania oraz wybieraniu pojedynczych klatek zawierających interesujący ruch;
- następnie przy użyciu iPi Biomech add-on 3 dokonano eksportu wybranych klatek do pojedynczych chmur punktów w formacie Leica (.pts);
- wyeksportowane chmury punktów poddawano obróbce w oprogramowaniu ReCap, która polegała na jej oczyszczaniu oraz pomiarze interesujących wymiarów ciała lub obiektów użytkowych.

Uzyskane informacje są możliwe do wykorzystania w dowolnym inżynierskim oprogramowaniu CAD.

Prezentowany sposób analizy danych przy użyciu sensora Kinect jest obarczony pewnymi ograniczeniami, między innymi niewystarczającą dokładnością wyników spowodowaną samodzielnym wskazywaniem punktów pomiarowych. Istnieje jednak możliwość automatyzacji zadań pomiarowych. W tym celu należy wytworzyć oprogramowanie automatyzujące opisane wyżej czynności.

## Weryfikacja metodyki projektowania zindywidualizowanego w warunkach eksperymentalnych, w zastosowaniu do projektowania meblarskiej zabudowy kuchennej

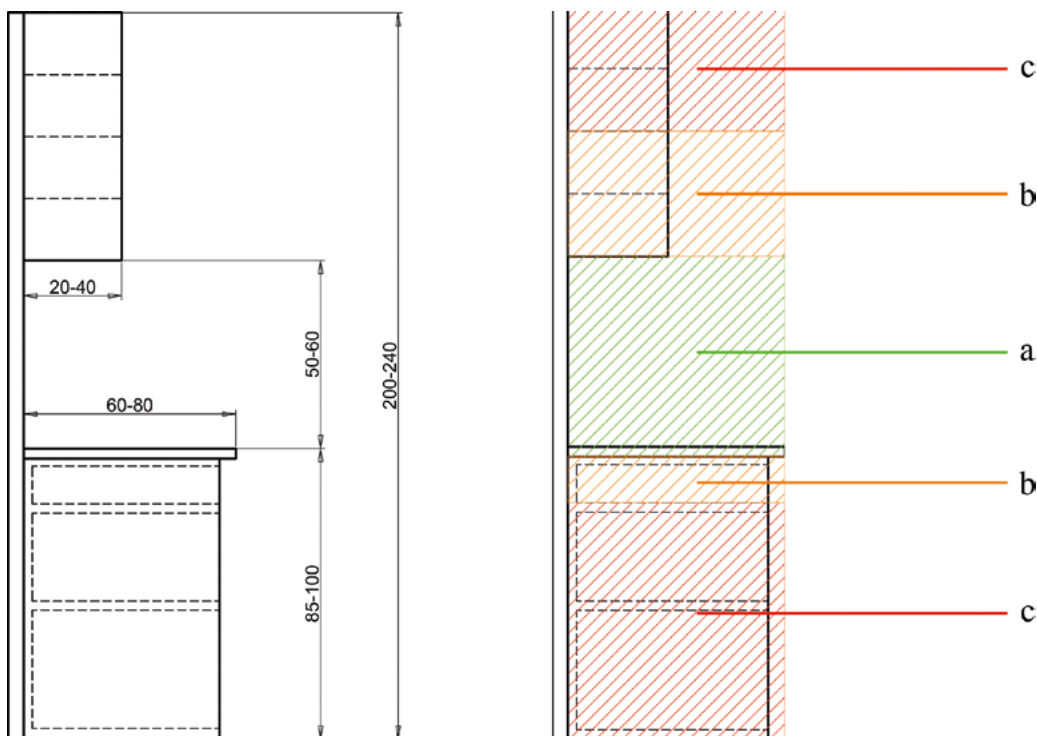
Weryfikacja została przeprowadzona przy wykorzystaniu wielomodułowej tzw. „mobilnej kuchni” firmy Blum Polska sp. z o.o. w Jasinie. Pomiary wykonano dla dwóch pełnosprawnych kobiet oraz jednego mężczyzny, użytkownika wózka inwalidzkiego. Wykorzystano moduł szafki dolnej (wysokość płyty roboczej 930 mm, głębokość 610 mm) oraz szafki górnej. Sensor Kinect umieszczono na wysokości 940 mm od podłoża do górnej płaszczyzny urządzenia. Statyw z kontrolerem umiejscowiono w odległości 2070 mm od lewej, bocznej powierzchni szafki dolnej w taki sposób, aby kontroler był ustawiony równolegle do bocznej powierzchni szafki. Podłączono urządzenie do komputera z zainstalowanym oprogramowaniem iPi Recorder 3. Przygotowane do badań stanowisko badawcze przedstawiono na ryc. 5.



**Ryc. 5. Stanowisko przygotowane do przeprowadzenia badań**

Fot. M. Ligocki

Przed przystąpieniem do badań wybrano kluczowe wymiary funkcjonalne mebli kuchennych, które będzie można dostosować do użytkowników. Dokonano tego, korzystając z PN-EN 1116:2006. W tym celu wyznaczono umownie trzy strefy wygody użytkowania, przedstawione na ryc. 6.



**Ryc. 6. Podstawowe wymiary mebli kuchennych, zgodne z normą PN-EN 1116:2006 oraz przedstawienie podziału mebli kuchennych na strefy wygody: a – strefa płyty roboczej, b – strefa najczęściej używanych szafek dolnych i górnych, c – strefa rzadziej używanych szafek dolnych i górnych**

Źródło: opracowanie własne

Umownym strefom wygody przypisano odpowiednie parametry biomechaniczne, korzystając ze zaktualizowanych przez Centralny Instytut Ochrony Pracy i Państwowy Instytut Badawczy baz danych, zamieszczonych w oprogramowaniu ergonomicznym Editor. Program Editor umożliwia analizowanie ergonomii projektowanych stanowisk pracy, ze szczególnym uwzględnieniem potrzeb osób niepełnosprawnych<sup>19</sup>. Dodatkowo część danych wykorzystano z przywoływanego wcześniej *Atlasu miar człowieka*<sup>20</sup>.

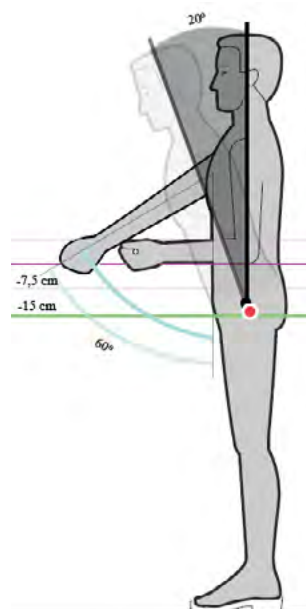
Pierwsza strefa wygody, definiowana przez wysokość i szerokość płyty roboczej, jest głównym obszarem zainteresowania projektanta ergonomicznej kuchni. Jej umiejscowienie ma znaczący wpływ na wymiary elementów meblarskiej zabudowy

<sup>19</sup> P. Bartuzi i in., *Projektowanie obiektów, pomieszczeń oraz przystosowanie stanowisk pracy dla osób niepełnosprawnych o specyficznych potrzebach*, Warszawa, Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, 2014

<sup>20</sup> A. Gedliczka i P. Pochopień, *Atlas miar człowieka: dane do projektowania i oceny ergonomicznej: antropometria, biomechanika, przestrzeń pracy, wymiary bezpieczeństwa*, Centralny Instytut Ochrony Pracy, 2001

kuchennej. Szerokość płyty roboczej (tzw. blatu) postanowiono przyjąć w przedziale od 60 do 80 cm; zgodnie z normą PN-EN 1116:2006, ze względu na obecne standardy handlowe oraz dużą zależność tego wymiaru od architektury wnętrza. Końcową wartość, znajdującą się w podanym wyżej przedziale, wyznaczono, korzystając z odległości pomiędzy maksymalnym, wygodnym zasięgiem ręki wyprostowanej w zgięciu łokciowym a tułowiem (maksymalny kąt wynosi  $60^\circ$ ), bez wymuszonej stabilizacji obręczy barkowej (maksymalny kąt odchylenia ciała od pozycji pionowej wynosi  $20^\circ$ ). Wysokość natomiast można wyznaczyć, korzystając ze zmiennych określających parametry pola pracy w pozycji stojącej. Przyjęto, że większość prac wykonywanych na płycie roboczej wymaga użycia większej siły, np: krojenie półproduktów, przenoszenie ciężkich naczyń, itp., dlatego zgodnie z zaleceniami atlasów pomniejszono wymiar wysokości łokciowej o 15 cm, uzyskując tym samym potrzebną dla płyty roboczej wartość. Parametr ten daje możliwość regulacji, np. zgodnie z rodzajami i częstotliwością wykonywania prac w kuchni. Przy lekkich pracach (np. w tzw. kuchniach herbacianych – wykorzystywanych w biurach) wystarczy zmniejszyć wartość wysokości łokciowej tylko o 7,5 cm. Opisywane parametry prezentuje ryc. 7.

Drugą strefę wygody dla szafek górnych można określić, korzystając z zasięgu chwytów przedniego i górnego, wysokości ciała i oczu, a także optymalnych wartości biomechanicznych dla górnych części ciała. Najniższy poziom szafki powinien nie przeszkadzać użytkownikowi w obserwacji przestrzeni płyty roboczej. Pochylenie głowy użytkownika ma zawierać się wówczas w zakresie od  $10$  do  $40^\circ$  ( $0^\circ$  – użytkownik spogląda na wprost, w pozycji wyprostowanej). Po otwarciu szafki,

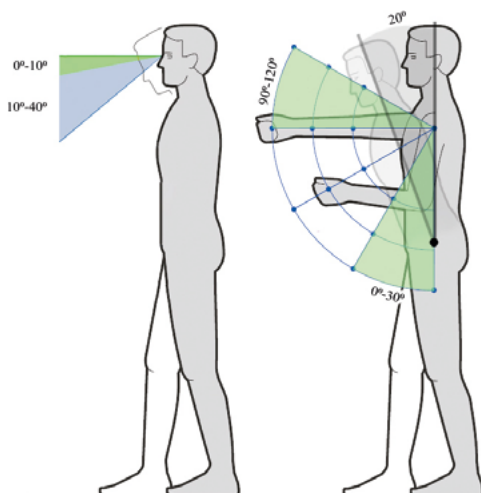


**Ryc. 7. Dobór wysokości płyty roboczej**

Źródło: M. Ligocki, *Opracowanie innowacyjnej metodyki akwizycji geometrycznych danych projektowych*, praca dyplomowa inżynierska, Poznań, Wydział Technologii Drewna, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, 2017

### Ryc. 8. Dobór wysokości płyty szafki

Źródło: M. Ligocki, *Opracowanie innowacyjnej metodyki akwizycji geometrycznych danych projektowych*, praca dyplomowa inżynierska, Poznań, Wydział Technologii Drewna, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, 2017



użytkownik kuchni powinien dokładnie widzieć zawartość na najniższym poziomie, mieć do niej swobodny dostęp, a sięganie do elementów na nim umieszczonych nie powinno wymagać wartości kąta pomiędzy ręką a tułowiem większej niż  $120^\circ$  (optymalny zakres to od  $90$  do  $120^\circ$ ). Głębokość szafek powinna uwzględniać parametr pochylenia ciała od pozycji pionowej. Podane zakresy prezentuje ryc. 8. Z kolei druga strefa wygody dla pierwszej szuflady nie powinna powodować przyjmowania wartości kąta pomiędzy ręką a tułowiem większego niż  $30^\circ$ ; pokazano to na ryc. 8.

Wymiary funkcjonalne ostatniej ze stref określono na podstawie danych z poprzednich oznaczeń. Pomocne w wyznaczaniu wyższych poziomów szafek górnych są informacje od użytkowników na temat przechowywanych tam przedmiotów.

### **Charakterystyka osób badanych oraz sposób badania**

Badane osoby to dwie pełnosprawne kobiety: kobieta 1 (K1), o wzroście 1610 mm, w wieku 24 lat, kobieta 2 (K2), o wzroście 1680 mm, w wieku 25 lat oraz jeden niepełnosprawny mężczyzna, z dysfunkcją narządu ruchu, użytkownik wózka inwalidzkiego (MN), o wzroście 1820 mm, w wieku 41 lat; wysokość ciała w pozycji siedzącej 1330 mm.

Wykonane badania miały na celu analizę otoczenia oraz budowy ciała i ruchów osób, w celu dopasowania do nich wymiarów funkcjonalnych meblarskiej zabudowy kuchennej (w tym wypadku wysokości i głębokości płyty roboczej). Celem było określenie optymalnej wysokości i głębokości płyty roboczej. Poproszono każdą z badanych osób o wykonanie pewnego scenariusza, który miał symulować mało uciążliwą pracę kuchenną:

- a) wykonanie pozycji „T” (kalibrowanie skanera);
- b) podejście do zabudowy kuchennej i ułożenie dłoni na płycie roboczej;
- c) sięgnięcie dominującą ręką skrajnej krawędzi płyty roboczej;
- d) otworzenie szuflady i wyjęcie noża dominującą ręką;
- e) zamknięcie szuflady;
- f) zasymulowanie pięciu ruchów krojenia nożem na powierzchni płyty roboczej;
- g) otworzenie szuflady, schowanie noża, zamknięcie szuflady;
- h) zakończenie.

Przedstawioną poniżej sekwencję wykonano w dwóch powtórzeniach.

### **Rezultaty weryfikacji**

W wyniku przeprowadzonych pomiarów uzyskano zapis drogi, jaką przemieszczały się poszczególne elementy ciała osób wykonujących pewne czynności charakterystyczne dla pomieszczenia kuchennego. Do analiz wybrano reprezentatywne pojedyncze chmury punktów i na ich podstawie wyznaczono wartości kluczowych wymiarów. Dodatkowo porównano zarejestrowaną za pomocą skanera, a następnie wyliczoną na podstawie tych pomiarów, wartość wysokości płyty

roboczej z analogicznymi wartościami wysokości wskazanymi przez przyrząd pomiarowy AMK ergonoMeter (nazwa handlowa), będący na wyposażeniu laboratorium Blum Polska (ryc. 9).

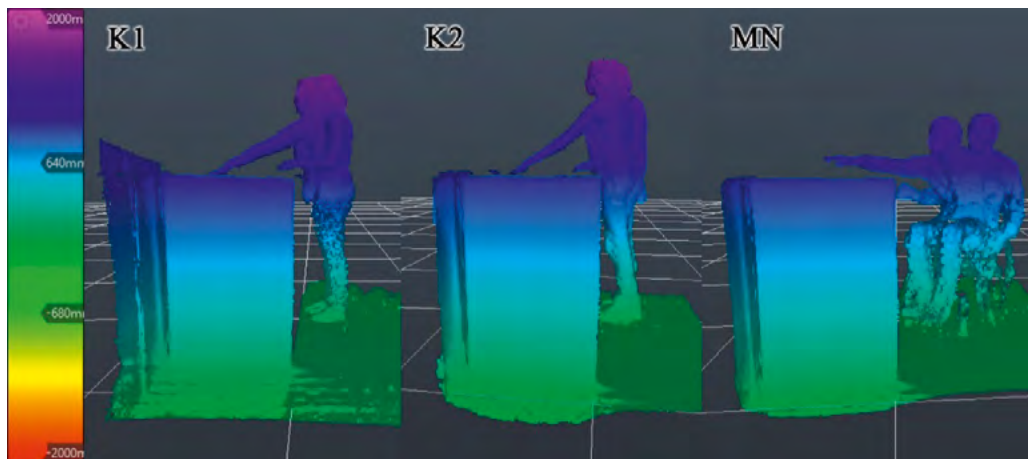
Podczas badań przy użyciu kontrolera Kinect 2 uzyskano dane ze strumienia głębokości, czyli tzw. chmury punktów. Przykładowe chmury punktów dla wszystkich trzech przebadanych osób prezentuje ryc. 10.

Na ryc. 11 przedstawiono stopklatki obrazujące sekwencje ruchów wykonanych przez pełnosprawne kobiety. Pierwszy blok odnosi się do kobiety oznaczonej K1, która reprezentuje wartości 50 centyla wymiarowego. Moduł mobilnej kuchni nie spełnia jej potrzeb ergonomicznych pod względem wysokości płyty roboczej, co ukazano podczas pomiarów przyrządem AMK ergonoMeter oraz metodami analiz skanów głębokości. Drugi blok reprezentuje kobietę K2, której wartość wysokości ciała jest minimalnie poniżej 95 centyla wymiarowego. Płyta robocza mobilnej kuchni, zarówno według pomiarów przyrządem AMK, jak i metodami analiz skanów głębokości, jest o 20–30 mm za wysoka. Głębokości dla obu osób badanych prawie pokrywają się z mobilną kuchnią.



**Ryc. 9. Przyrząd pomiarowy AMK ergonoMeter**

Fot. M. Ligocki



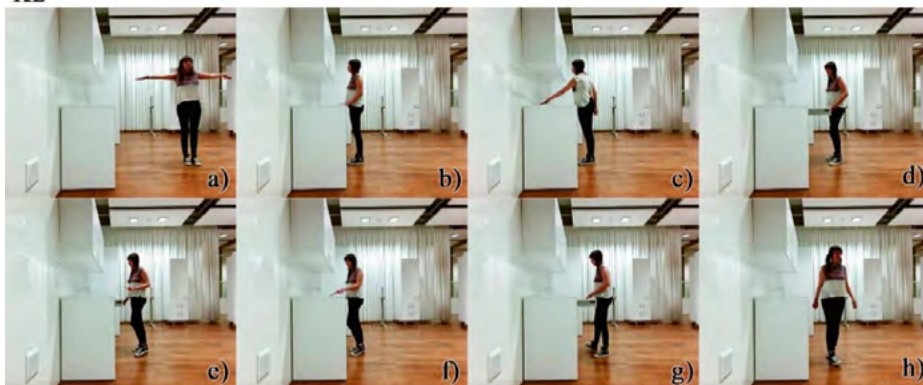
**Ryc. 10. Dane ze strumienia głębokości, przedstawione w formie mapy wysokości, dla każdej z badanych osób**

Źródło: opracowanie własne

K1



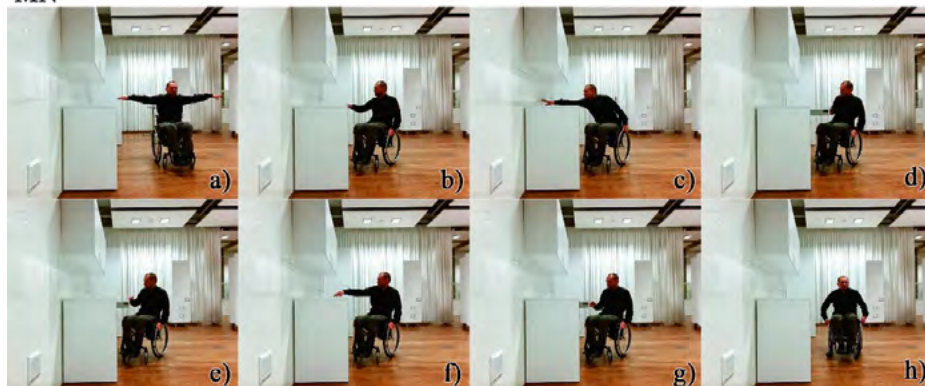
K2



**Ryc. 11. Sekwencje ruchów przy weryfikacji wysokości i głębokości płyt roboczych dla kobiet oznaczonych K1 i K2**

Źródło: opracowanie własne

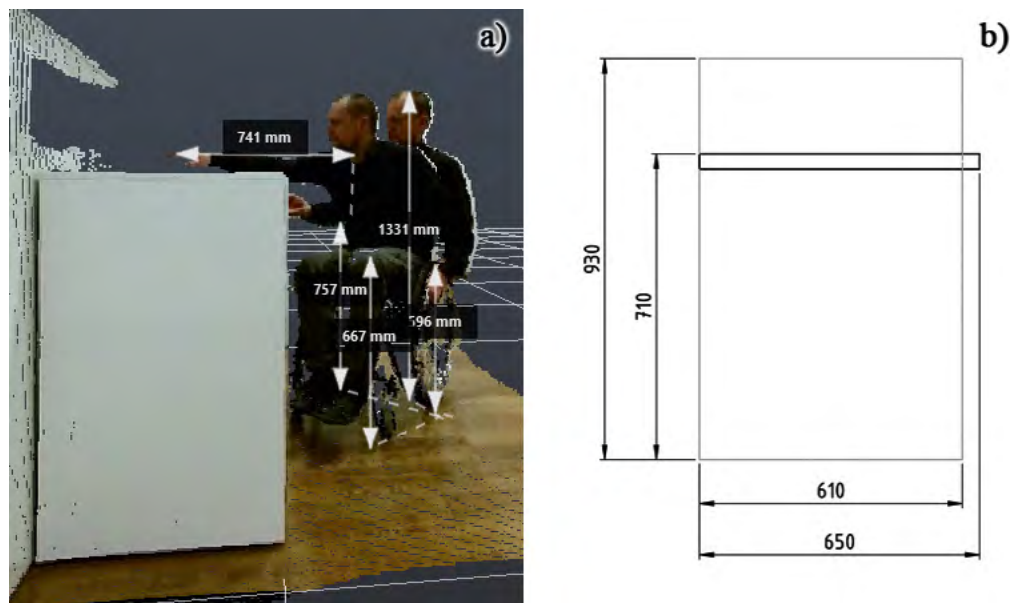
MN



**Ryc. 12. Prezentacja sekwencji czynności wykonywanych przez użytkownika wózka inwalidzkiego**

Źródło: opracowanie własne

Ryc. 12 reprezentuje niepełnosprawnego mężczyznę (MN). Urządzenie AMK ergoMeter nie jest zaprojektowane do badania osób niepełnosprawnych, poruszających się przy pomocy wózka inwalidzkiego.



Ryc. 13. Wyniki pomiarów użytkownika wózka inwalidzkiego; a – dokonanie pomiarów ciała i otoczenia w oprogramowaniu Autodesk ReCap; b – zaprojektowanie na podstawie pomiarów skanów głębokości nowych wymiarów funkcjonalnych (oznaczone kolorem czarnym)

Źródło: opracowanie własne

Wyniki pomiarów dla użytkownika wózka inwalidzkiego przedstawiono na ryc. 13.

Zestawienie porównawcze wysokości płyty roboczej uzyskane na podstawie analizy skanów głębokości oraz pomiarów przyrządem pomiarowym AMK ergoMeter, przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wymiary funkcjonalne płyt roboczych (mm)

|    | Wysokość płyty roboczej |         |          | Głębokość płyty roboczej  |                           |
|----|-------------------------|---------|----------|---------------------------|---------------------------|
|    | Przyrząd AMK ergoMeter  |         |          | Analiza skanów głębokości | Analiza skanów głębokości |
|    | Minimum                 | Optimum | Maksimum |                           |                           |
| K1 | 710                     | 760     | 860      | 840                       | 600                       |
| K2 | 760                     | 810     | 910      | 900                       | 600                       |
| MN | –                       | –       | –        | 710                       | 650                       |

Źródło: opracowanie własne



## Podsumowanie i wnioski

Tak zwana masowa kastomizacja, czyli zdolność do przemysłowego wytwarzania krótkich serii, a nawet pojedynczych wyrobów, z wydajnością i produktywnością charakterystyczną dla produkcji masowej umożliwia projektowanie wyrobów indywidualnych. Pełne wykorzystanie współczesnych możliwości wytwórczych jest możliwe przy włączeniu użytkownika w proces projektowania wyrobu. Automatyczne „pobieranie informacji ergonomicznej” wprost z użytkownika znakomicie ułatwia i uwiarygadnia dopasowywanie przedmiotu do cech somatycznych użytkownika. W artykule przedstawiono autorską metodykę pobierania informacji ergonomicznej wprost z użytkownika za pomocą skanera 3D w połączeniu z oprogramowaniem. Opisano również proces weryfikacji tej metodyki w zastosowaniu do projektowania wysokości i głębokości płyty roboczej w kuchni. Na tej podstawie można sformułować szereg spostrzeżeń i wniosków:

1. Metodyka zindywidualizowanego projektowania, oparta na analizie skanów głębokości, umożliwia projektowanie wymiarów funkcjonalnych płyt roboczych w meblarskich zabudowach kuchennych; możliwe jest także sprawdzenie obecnie użytkowanego mebla kuchennego pod kątem wymagań ergonomicznych badanej osoby.
2. Ze specyfiki poruszania się na wózku inwalidzkim wynika dążenie do wykonywania wszystkich czynności w jednym ustawieniu wózka inwalidzkiego lub, jeżeli to niemożliwe, dążenie do minimalizacji konieczności przestawiania wózka w trakcie wykonywania poszczególnych czynności.
3. Wykonanie pomiaru przy użyciu skanów głębokości pozwala na dostarczenie dodatkowych danych pomocniczych, np. wysokości obudowy blotnika i wysokości kolanowej, dzięki czemu łatwiej jest zaprojektować zabudowę w taki sposób, aby zwiększyć możliwość dostępu (np. poprzez swobodny wjazd wózka pod zabudowę) osobie niepełnosprawnej.
4. Zaproponowana metodyka, zdaniem autorów, dobrze wpisuje się w aktualne trendy rozwojowe związane z wytwarzaniem mebli. W przypadku osób niepełnosprawnych dostosowywanie przestrzeni domowych może zdecydowanie poprawić jakość życia.

## Bibliografia

- Asimow M., *Introduction to Design*, t. 394, New Jersey, Prentice-Hall Englewood Cliffs, 1962
- Bartuzi P. i in., *Projektowanie obiektów, pomieszczeń oraz przystosowanie stanowisk pracy dla osób niepełnosprawnych o specyficznych potrzebach*, Warszawa, Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, 2014
- Branowski B. i Gabryelski J., *Bariery i potrzeby seniorów i osób z niepełnosprawnościami [barriers and needs of seniors and people with disability]*, [w:] *Projektowanie dla seniorów*

- i osób niepełnosprawnych. Badania. Analizy. Oceny. Konstrukcje*, red. Branowski B., Poznań, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej, 2015
- Branowski B., Rychlik M., Sydor M. i Zabłocki M., *Graphic 3D ergonomic database in evaluation of virtual models of kitchen design/adaptation for needs of handicapped persons*, „Вісник Національний Університет Львівська Політехніка” 2011, t. 711
- Branowski B. i Torzyński D., *Twórcze wyzwania projektowania dla seniorów i osób z niepełnosprawnościami – studium przypadku dużego projektu badań stosowanych [products and innovations supporting the seniors and people with disability in terms of mobility and surroundings]*, [w:] *Projektowanie dla seniorów i osób niepełnosprawnych. Badania. Analizy. Oceny. Konstrukcje*, red. Branowski B., Poznań, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej, 2015
- Branowski B. i Zabłocki M., *Metodyczne i konstrukcyjne aspekty w projektowaniu dla osób niepełnosprawnych*, [w:] *Rozwój środków lokomocji i środków komunikowania się dla osób niepełnosprawnych*, Kraków, 2001
- Gedliczka A. i Pochopień P., *Atlas miar człowieka: dane do projektowania i oceny ergonomicznej: antropometria, biomechanika, przestrzeń pracy, wymiary bezpieczeństwa*, Centralny Instytut Ochrony Pracy, 2001
- Hamrol A. i Mantura W., *Zarządzanie jakością: teoria i praktyka*, Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2009
- Henderson S. R., *A revolution in the woman's sphere: Grete Lihotzky and the Frankfurt kitchen*, „Archit. Fem.” 1996
- Imos 12.0 ist ab sofort verfügbar, „Aktuelles im Überblick”, 22-cze-2015
- Ligocki M., *Opracowanie innowacyjnej metodyki akwizycji geometrycznych danych projektowych*, praca dyplomowa inżynierska, prom. Sydor M., Poznań, Wydział Technologii Drewna, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, 2017
- Lihra T., Buehlmann U. i Beauregard R., *Mass customisation of wood furniture as a competitive strategy*, „Int. J. Mass Cust.” 2008, t. 2, Nr 3–4
- Luck R., *Dialogue in participatory design*, „Des. Stud.” 2003, t. 24, Nr 6
- Raiffa H., *Decision Analysis: Introductory Lectures on Choices und Uncertainty*, Addison-Wesley, 1968
- Rykowski K., *Inspiracja i produkcja*, „Kuchnie.pl” 2015
- Sanoff H., *Participatory design in focus*, „Archit. Behav.” 1988, t. 4, Nr 1
- Schuler D. i Namioka A., *Participatory design: Principles and practices*, CRC Press, 1993
- Smardzewski J., *Komputerowo zintegrowane projektowanie mebli*, Poznań, Państwowe Wydawnictwa Rolnicze i Leśne, 2007
- Smardzewski J., *Projektowanie mebli*, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, 2008
- Sohlenius G., *Concurrent engineering*, „CIRP Ann.-Manuf. Technol.” 1992, t. 41, Nr 2
- Sydor M., *Wprowadzenie do CAD. Podstawy komputerowo wspomaganego projektowania*, Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2009
- Universal Design Principles*, The Center for Universal Design (CUD), North Carolina State University, 1997
- Zajenkowska-Kozłowska A., *Niepełnosprawność*, [w:] *Stan zdrowia ludności Polski w 2009 roku*, Warszawa, Zakład Wydawnictw Statystycznych, 2011