



**CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH
POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)**

Opracowanie standardów projektowania uniwersalnego w obszarze transportu i mobilności ze szczególnym uwzględnieniem ergonomii i metod doboru urządzeń adaptacyjnych.

Praca zbiorowa pod redakcją **dra inż. Kamila Sybilskiego**

Autorzy opracowania:

dr inż. Kamil Sybilski
dr inż. Michał Stankiewicz
dr inż. Sebastian Stanisławek
dr inż. Janusz Torzewski
dr inż. Andrzej Dębowski
mgr inż. Szymon Saternus

Wsparcie merytoryczne:

dr hab. inż. Jerzy Jackowski, prof. WAT
prof. dr hab. inż. Jerzy Małachowski
prof. dr hab. inż. Lucjan Śnieżek

Warszawa, 2023

Spis treści

1.	Wstęp do opracowania	3
2.	Projektowanie dla osób o różnych wymiarach ciała i potrzebach	4
2.1.	Kierunek zmian indywidualnego transportu	4
2.2.	Projektowanie ukierunkowane na człowieka	5
2.3.	Metody doboru urządzeń adaptacyjnych	10
3.	Standardy projektowania uniwersalnego indywidualnego środka transportu	13
3.1.	Wymagania dot. środków transportu (nazwa robocza później zmienić.)	13
3.2.	Wymiary ciała ludzkiego – dane do projektowania i oceny ergonomicznej	16
3.3.	Ułożenie ciała – pojazdy wykorzystywane w pozycji stojącej	23
3.4.	Ułożenie ciała – pojazdy wykorzystywane w pozycji siedzącej	25
3.5.	Dobór i umiejscowienie elementów sterowniczych	28
4.	Podsumowanie	38
5.	Literatura	39

1. Wstęp do opracowania

Celem opracowania jest zdefiniowanie podstawowych standardów projektowania uniwersalnego w zakresie indywidualnych środków transportu. W dalszej części pracy został nakreślony kierunek zmian w obszarze transportu indywidualnego oraz wskazane zostały szanse i możliwości wykorzystania tych zmian do wprowadzenia modyfikacji w projektach pojazdów przeznaczonych dla szerokiej grupy odbiorców. Następnie poruszony został temat projektowania ergonomicznego, w którym odwołano się do wcześniej przygotowanych raportów. Kolejnym punktem są metody doboru urządzeń adaptacyjnych dla osób o szczególnych (OSP) potrzebach oraz standardy projektowania uniwersalnego.

2. Projektowanie dla osób o różnych wymiarach ciała i potrzebach

2.1. Kierunek zmian indywidualnego transportu

W 2011 została opublikowana Biała Księga pn.: „Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu” [1]. W opracowaniu tym zaznaczono, że transport jest fundamentalny dla gospodarki i społeczeństwa, a mobilność jest istotna dla rynku wewnętrznego oraz dla jakości życia obywateli. Jednocześnie wskazano, że transport umożliwia wzrost gospodarczy oraz tworzenie miejsc pracy.

W Białej Księdze zawarto wizję rozwoju systemu transportowego Unii Europejskiej do 2050 roku oraz strategię osiągania wytyczonych w tym dokumencie celów. Wśród głównych celów wyszczególniono m.in.:

- 1) zapewnienie wzrostu sektora transportu i wspieranie mobilności przy jednoczesnym osiągnięciu celu obniżenia emisji o 60%,
- 2) stworzenie efektywnej sieci multimodalnego podróżowania i transportu między miastami,
- 3) zapewnienie równych szans na całym świecie dla podróżowania na duże odległości i międzykontynentalnego transportu towarów,
- 4) wykorzystywanie ekologicznego transportu miejskiego i dojazdów do pracy,
- 5) realizację dziesięciu celów na rzecz utworzenia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu, wśród których można znaleźć m.in.:
 - zmniejszenie o połowę liczby samochodów o napędzie konwencjonalnym w transporcie miejskim do 2030 roku oraz całkowitą ich eliminację z miast do 2050 roku,
 - osiągnięcie do 2050 roku prawie zerowej liczby ofiar śmiertelnych w transporcie drogowym oraz zmniejszenie o połowę ofiar wypadków drogowych do 2020 roku.

Realizacja ww. celów wymaga powstania nowej koncepcji transportu, która umożliwiałaby przemieszczanie większej liczby towarów i pasażerów za pomocą wydajniejszych środków transportu lub ich kombinacji. Transport indywidualny powinien być ekologiczny i ograniczać się do ostatnich odcinków podróży. Duże znaczenie ma również udział technologii informacyjnych w osiągnięciu prostszego i bardziej niezawodnego transportu, szczególnie m.in. w obszarze zarządzania ruchem. Jednym z głównych działań mających na celu poprawę bezpieczeństwa w ruchu drogowym byłyby systemy wspomagające kierowcę, inteligentne ograniczniki prędkości, systemy współpracy oraz eCALL i interfejsy pojazd-infrastruktura, poprawa infrastruktury i odpowiednie szkolenia oraz edukacja na wielu poziomach. W Białej księdze wskazano również cele społeczne, w tym m.in. propagowanie mniejszych, lżejszych i bardziej wyspecjalizowanych pojazdów pasażerskich.

Polityka zaproponowana w Białej Księdze wyznacza kierunek wprowadzania licznych i znacznych zmian w projektach planowanych do produkcji pojazdów oraz otaczającej nas infrastruktury. Znaczne zmiany dotyczyłyby przede wszystkim konstrukcji pojazdów, układów napędowych oraz systemów sterowania, w których duży udział powinny mieć nowoczesne rozwiązania dotyczące m.in. utrzymania bezpiecznej odległości, wykrywania zagrożeń oraz komunikacji z infrastrukturą. Ponadto należy eliminować z ruchu pojazdy spalinowe i zastępować je pojazdami

CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH
POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)

o napędzie elektrycznym i/lub wodorowym. To wszystko, z uwagi na znaczne różnice w konstrukcji, duży poziom zaawansowania elektroniki oraz wyeliminowanie konieczności zmiany biegów, stwarza możliwości zdefiniowania na nowo **sposobu sterowania pojazdami z uwzględnieniem wykorzystywania ich przez wszystkie osoby, w tym osoby o szczególnych potrzebach**. Dotyczy to zarówno pojazdów samochodowych, jak i pojazdów mniejszych, przeznaczonych do transportu indywidualnego.

2.2. Projektowanie ukierunkowane na człowieka

Osoby o szczególnych potrzebach (OSP) w zakresie transportu indywidualnego to szeroko rozumiana grupa charakteryzująca się innymi lub dodatkowymi wymaganiami w odniesieniu do osób bez ograniczeń sprawności. Potrzeby tych osób są w szczególności w zakresie ergonomii środków do mobilności i transportu. Są to bardzo istotne kwestie, gdyż **OSP mają o wiele mniejsze możliwości przystosowania się do rozwiązań nieergonomicznych** [2]. Do tej grupy można zaliczyć m.in. osoby:

- niskiego wzrostu i bardzo wysokie,
- otyłe,
- w ciąży,
- starsze,
- z wadą wzroku,
- niedosłyszające i głuche,
- z zaburzeniami sensorycznymi i komunikacyjnymi,
- z ograniczeniami lub zaburzeniami ruchowymi.

Każdą osobę przemieszczającą się za pomocą transportu indywidualnego można zaliczyć albo do grona pasażerów, albo do grona kierowców. W obu przypadkach osoba ta jest uczestnikiem ruchu drogowego. Z punktu widzenia prowadzenia dowolnego środka transportu praca kierowcy ma charakter operatorski i składa się z trzech podstawowych etapów:

- odbiór informacji,
- przetworzenie informacji i podjęcie decyzji,
- realizacja decyzji (w tym sterowanie).

Każdy z tych etapów zatem musi być prawidłowo realizowany przez wszystkich członków wymienionej grupy osób o szczególnych potrzebach, niezależnie od spostrzegawczości, szybkości przetwarzania informacji czy szybkości reakcji i zdolności manualnych. Braki lub niedostatki w obszarze tych trzech działań nie powinny występować w przypadku dobrze zaprojektowanego środka transportu.

W praktyce inżynierskiej często spotykane jest podejście do projektowania bazujące przede wszystkim na określeniu sposobu działania lub funkcji jakie urządzenie ma pełnić, określeniu wymagań kinematycznych i dynamicznych oraz określeniu wymagań dotyczących dopuszczalnego poziomu naprężenia występującego w konstrukcji w trakcie eksploatacji. W każdym z wymienionych przypadków urządzenia są optymalizowane, a następnie produkowane i przekazywane do odbiorcy docelowego. Użytkownik dostając urządzenie musi dostosować się do niego, wypracować schematy postępowania i nawyki. Jeśli operator

CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH
POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)

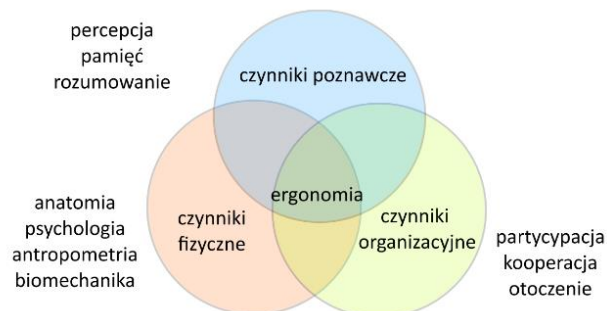
nie jest w stanie tego uczynić, konieczna jest adaptacja urządzenia do specyficznych potrzeb poprzez zastosowanie dodatkowego oprzyrządowania.

Dopasowanie urządzenia do potrzeb użytkownika może być osiągnięte poprzez projektowanie z uwzględnieniem szeroko pojętej ergonomii. W literaturze można spotkać wiele definicji ergonomii. W opracowaniu *Projektowanie ergonomiczne* [3] na pierwszym miejscu stawiana jest definicja zamieszczona w Statucie Polskiego Towarzystwa Ergonomicznego z roku 1983: „*Ergonomia to nauka stosowana, zmierzająca do optymalnego dostosowania narzędzi, maszyn, urządzeń, technologii, organizacji i materialnego środowiska pracy oraz przedmiotów powszechnego użytku do wymagań i potrzeb fizjologicznych, psychicznych i społecznych człowieka*”. Autor na podstawie wielu definicji zapisał następujące spostrzeżenia dot. ergonomii:

- ergonomia jest nauką stosowaną – może się rozwijać tylko wówczas, gdy zasady i zalecenia przez nią wypracowane znajdują zastosowanie w praktyce,
- przedmiotem badań diagnostycznych i projektowania ergonomicznego jest system złożony z człowieka i obiektów technicznych,
- celem działalności ergonomicznej jest dostosowanie obiektu technicznego do możliwości użytkownika/operatora,
- działania ergonomiczne charakteryzują się humanocentryzmem, dobro człowieka musi być traktowane priorytetowo w stosunku do kryteriów technicznych lub ekonomicznych,
- zainteresowania ergonomii rozciągają się na wszystkie przejawy kontaktów człowieka ze środkami technicznymi.

Zgodnie z [4, 5] projektowanie ergonomiczne jest to realizacja procesu projektowania stwarzającego największe szanse opracowania projektu systemu człowiek-obiekt techniczny o pożądanym poziomie ergonomicznej jakości.

Z kolei według definicji przyjętej przez *International Ergonomics Association* w 2000 roku, ergonomia to dyscyplina naukowa zajmująca się zrozumieniem interakcji między ludźmi i innymi elementami systemu oraz zawod, który stosuje teorię, zasady, dane i metody do projektowania w celu optymalizacji dobrostanu ludzi i ogólnej wydajności systemu. Ergonomia uwzględnia czynniki fizyczne, poznawcze, socjotechniczne, organizacyjne, środowiskowe i istotne czynniki, jak również złożone interakcje pomiędzy człowiekiem a innymi ludźmi, środowiskiem, narzędziami, produktami, sprzętem i technologią (rys. 2.1).



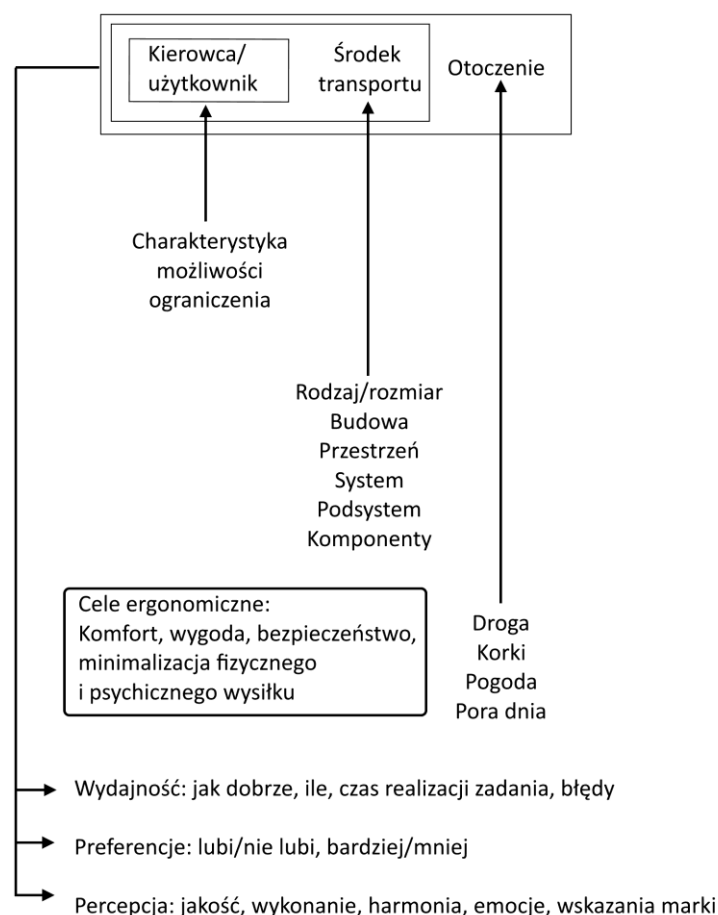
Rys. 2.1. Ergonomia jako interakcja między różnymi czynnikami [6].

Zgodnie z tak szeroką definicją niewskazane jest ograniczanie się tylko do bezpośrednich zadań wykonywanych przez kierowcę. Dobrze przeprowadzony proces

CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH
POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)

projektowania powinien uwzględniać bliższe (środek transportu) i dalsze otoczenie kierowcy w celu pełnego zrozumienia charakteru jego pracy oraz wyzwań, jakim musi sprostać. W [6] wskazano, że poprawnie zrealizowane projektowanie z nastawieniem na ergonomię powinno w pierwszej kolejności pozwalać na zdefiniowanie pełnej charakterystyki kierowcy, ze wskazaniem jego możliwości i ograniczeń (Rys. 2.2). W przypadku wielu różnych kierowców, o różnej charakterystyce, wskazane z pewnością byłoby poszukiwanie zbioru wspólnych możliwości do wykorzystania w procesie kierowania indywidualnym środkiem transportu. Jednocześnie należałoby wykreślać te, które chociaż w jednej grupie są istotnym ograniczeniem, o ile nie przewidziano eliminacji tego ograniczenia poprzez wykorzystanie innej zdolności lub możliwości.

Najbliższym otoczeniem kierowcy jest indywidualny środek transportu. Dla niego z kolei powinny być określone: rodzaj, typ budowy, przestrzeń, system i podsystem, a także poszczególne komponenty (Rys. 2.2.). Te cechy i parametry oczywiście powinny być wyznaczone ze szczególnym uwzględnieniem ich użytkownika.



Rys. 2.2. Otoczenie kierowcy [6].

Dalszym otoczeniem jest przestrzeń wokół środka transportu, która bezpośrednio oddziałuje na pojazd lub na kierowcę, np. droga, korki, pogoda, pora dnia. Prawdopodobnie przeprowadzony proces projektowania powinien zapewniać kierowcy w interakcji z bliskim i dalszym otoczeniem duży poziom komfortu, wygodę, bezpieczeństwo, a

**CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH
POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)**

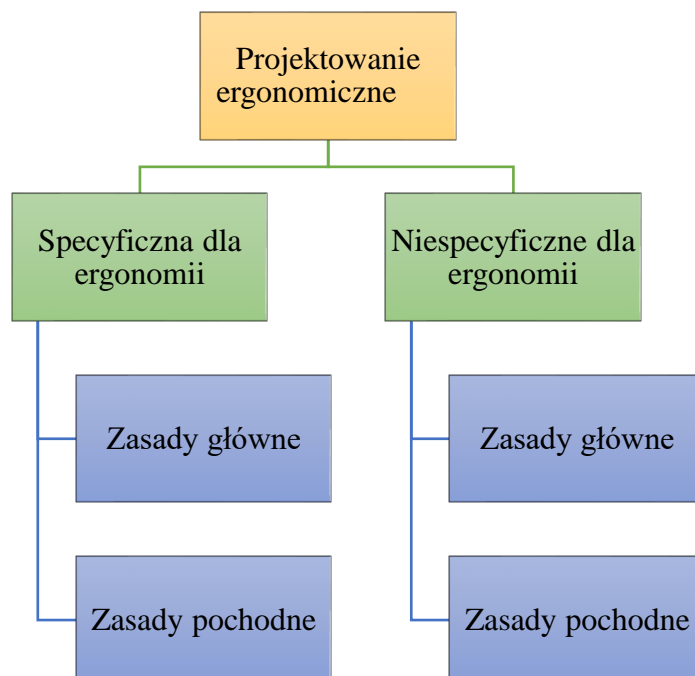
także minimalizację fizycznego i psychicznego wysiłku. Jak widać zatem w procesie projektowania nowego środka transportu, z punktu widzenia ergonomii, należy niezależnie scharakteryzować grupę odbiorców, przeznaczenie pojazdu oraz środowisko, w którym będzie się on poruszał, a następnie w procesie projektowania dostosować funkcjonalność pojazdu do prawidłowej interakcji pomiędzy tymi trzema grupami. W zadaniu tym znacznym ułatwieniem są opracowania z zakresu ergonomii.

Ergonomia dostarcza wielu informacji potrzebnych w procesie projektowania indywidualnego środka transportu (samochodów, skuterów, rowerów, hulajnóg i innych). Pozwala określić w jakiej pozycji kierowca lub pasażer powinien wykonywać swoje zadania, w jakich odległościach mogą znajdować się elementy sterowania, jakiego powinny być kształtu, z jakim oporem powinny działać (ile siły należy użyć), jak powinny działać wskaźniki, gdzie powinny być zlokalizowane (ze względu na swoją funkcję/ważność), jakie drgania lub jakie natężenie pola magnetycznego nie powinny docierać do kierowcy i wiele innych, w jaki sposób powinna się odbywać interakcja kierowcy z systemem. Wiele danych potrzebnych do projektowania zebrano w ramach projektu CWOD w opracowaniach: „*Opracowanie zestawienia wybranych danych antropometrycznych osób, z uwzględnieniem osób o szczególnych potrzebach, cz. 1*”, „*Opracowanie zestawienia danych antropometrycznych oraz zdolności generowania siły przez osoby o szczególnych potrzebach, w różnym wieku i różnego pochodzenia. Etap I: Opracowanie zestawienia wybranych danych antropometrycznych osób z podziałem na pochodzenie, szczególne potrzeby oraz wiek.*”, „*Opracowanie zestawienia danych antropometrycznych oraz zdolności generowania siły przez osoby o szczególnych potrzebach, w różnym wieku i różnego pochodzenia. Etap II: Opracowanie danych literaturowych dotyczących pomiarów zdolności generowania siły mięśniowej z podziałem na osoby: w pełni sprawne, o szczególnych potrzebach, w różnym wieku i różnego pochodzenia.*”.

Nowoczesne projektowanie w branży mechanicznej opiera się przede wszystkim na systemach 3D, w których możliwa jest przestrzenna ocena realizowanego projektu. Z punktu widzenia ergonomii istnieje szereg narzędzi służących do oceny tych projektów, które zostały opisane w sprawozdaniu „*Systemy CAD posiadające dodatki umożliwiające projektowanie uniwersalne. Protokoły do analiz ergonomicznych. Rzeczywiste symulatory problemów osób o szczególnych potrzebach*”. Narzędzia te w bardzo szerokim zakresie pomagają ocenić przystosowanie pojazdu do osoby o szczególnych potrzebach. Warunkiem jest m.in. prawidłowe zdefiniowanie wirtualnego testera oraz zdefiniowanie dodatkowych uwarunkowań.

Bardzo ważne w procesie projektowania ukierunkowanego na ergonomię jest prawidłowe wykorzystanie dostępnych danych i uniknięcie błędów koncentracji na konkretnej grupie osób. Na przykład: projektując przestrzeń pracy kierowcy dla osoby 95-centylowej można błędnie założyć, że skoro zmieści się najwyższa osoba, to ta przestrzeń będzie również odpowiednia dla osoby niskiej. Tymczasem osoby niskiego wzrostu mogą mieć problem z dotarciem do elementów sterowania. Dlatego każdy projekt powinien być weryfikowany pod kątem wszystkich potencjalnych użytkowników. Jeżeli nie uda się zaprojektować przestrzeni o uniwersalnych wymiarach, należy tak zaprojektować poszczególne elementy, by możliwa była regulacja ich położenia bez konieczności dodatkowej adaptacji.

W pracy [4] autorka przytoczyła klasyfikację ogólnych zasad ergonomicznego projektowania produktów (rys. 2.3).



Rys. 2.3. Klasyfikacja ogólnych zasad ergonomicznego projektowania produktów.

Zasadą główną wśród zasad specyficznych [4] jest zasada antropocentryzmu, czyli dostosowania układu „człowiek-obiekt techniczny” do określonych cech antropometrycznych człowieka przyjmując parametry człowieka jako wartości wejściowe do projektowania obiektu technicznego. Zasady pochodne to [4]:

A. Zasady ogólnego projektowania, czyli zasady:

- prostego użytkowania,
- wygodnego użytkowania bez zbędnego wysiłku,
- zachowania odpowiednich wymiarów i przestrzeni,
- uwzględnienia wydolności umysłowej,
- zapewnienie odpowiedniego środowiska użytkowania,
- czytelności informacji,
- tolerancji dla błędów użytkownika,
- zachowania hierarchii celów ergonomicznych.

B. Zasady projektowania dla osób niepełnosprawnych, czyli zasady:

- optymalnego podziału funkcji człowieka i urządzenia technicznego,
- optymalnego obciążenia,
- zapewnienia samowspomagania urządzenia technicznego,
- uporządkowania i dopasowania struktury urządzenia technicznego do możliwości i preferencji użytkownika,
- przewyciężenia antynomii,
- optymalnego wykorzystania energii,

CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)

- przyjaznego stosunku do użytkownika,
- formułowania ograniczeń w projektowaniu dla osób niepełnosprawnych.

Zasadą główną w grupie niespecyficznych jest zasada prakseologii działań projektowych, czyli proces obejmujący cykl diagnozy, prognozy, planowania i programowania, realizacji i oceny efektów. Do zasad pochodnych w grupie zasad niespecyficznych zaliczono [4]:

- uniwersalność projektowania,
- użyteczność,
- jedność formy i funkcji,
- uwzględnianie kolejnych faz istnienia projektowanego systemu,
- „zespołowości” twórcy projektowania,
- zgodności projektowanego produktu z wymaganiami.

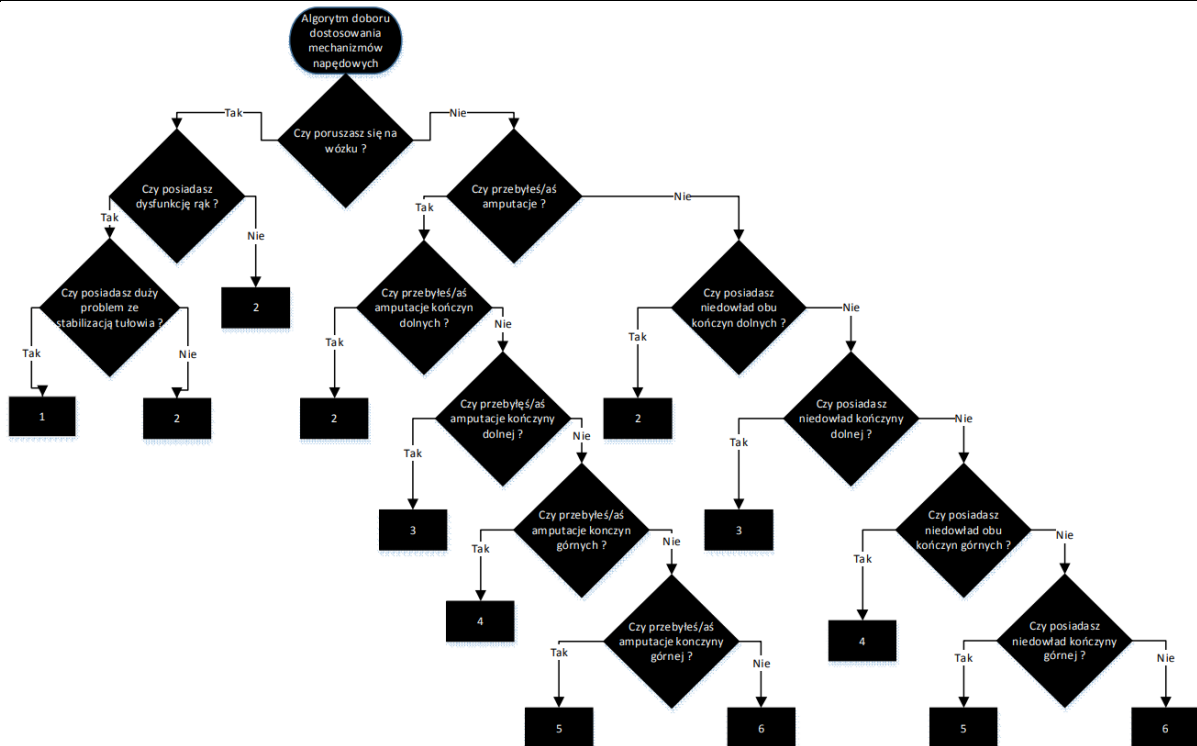
Realizacja wyżej wymienionych zasad w trakcie projektowania pozwala na opracowanie środków transportu dla osób o różnych parametrach i różnych potrzebach.

2.3. Metody doboru urządzeń adaptacyjnych

W pojazdach transportu indywidualnego w przypadku braku możliwości dostosowania przestrzeni do wszystkich użytkowników konieczna jest adaptacja poprzez zastosowanie specjalistycznego oprzyrządowania. W raporcie „*Dostosowanie pojazdów do potrzeb osób o szczególnych potrzebach – przegląd literatury*” przedstawiono ofertę dealerów samochodowych dla osób o szczególnych potrzebach (OSP), programy dedykowane dla tych osób, listę warsztatów oferujących adaptację oraz zakres prac wykonywanych w trakcie adaptacji pojazdu. Opracowanie to dotyczy głównie samochodów osobowych oraz busów do przewozu ludzi. W literaturze bardzo mało jest przykładów dostosowania innych środków transportu do osób o szczególnych potrzebach. Generalnie tworzone są zupełnie nowe rozwiązania konstrukcyjne i technologiczne, jeśli zachodzi jakaś szczególna potrzeba.

W zakresie metod doboru konkretnych urządzeń adaptacyjnych do określonych potrzeb OSP można mówić o dwóch podejściach. W pierwszym decydującym czynnikiem jest funkcja, jaką ma dane urządzenie adaptacyjne pełnić, a tym samym jaką potrzebę ma realizować. Na przykład u osób po amputacji lewej dolnej kończyny zachodzi potrzeba innego sposobu sterowania sprzęgłem niż za pomocą nogi. W literaturze można znaleźć przykłady ujęcia tego procesu w różnego typu algorytmy. Przykład możemy znaleźć w pracy [18], w której wybranie głównej grupy urządzeń odbywa się na podstawie oceny rodzaju niepełnosprawności kierowcy. Cały proces realizowany jest poprzez udzielanie odpowiedzi na kolejne pytania, które ostatecznie doprowadzają do wyboru grupy dostosowań lub konkretnego rodzaju dostosowania (Rys. 2.4, Rys. 2.5).

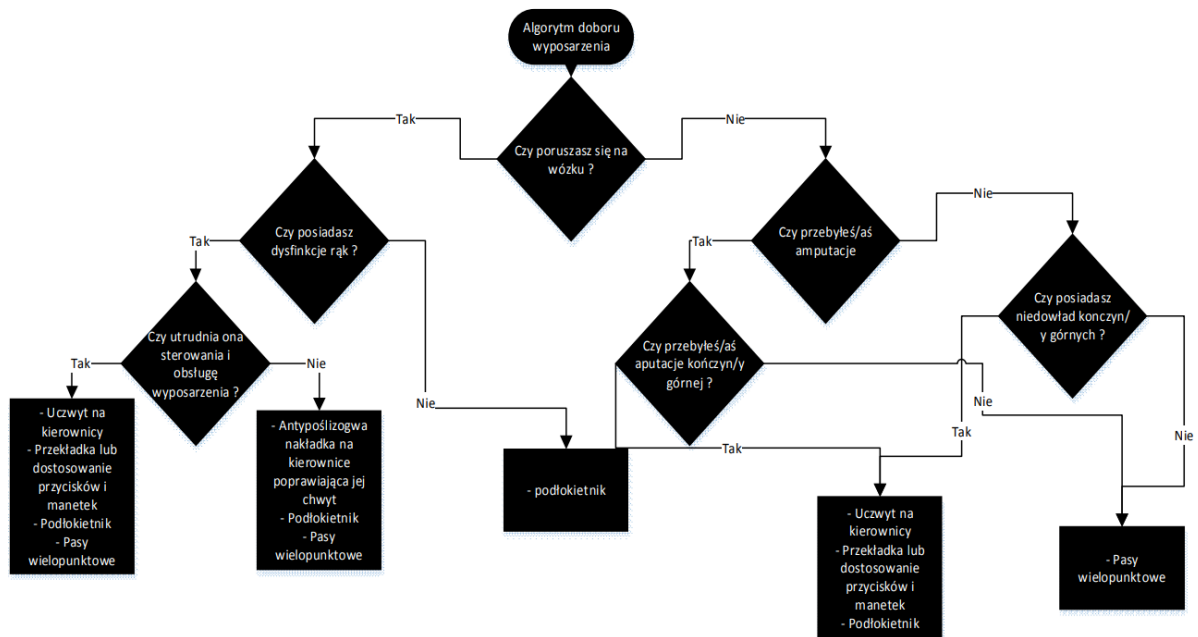
CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH
POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)



1	2	3	4	5	6
<ul style="list-style-type: none"> - automatyczna skrzynia biegów - ręczny gaz hamulec z obracaną gałką lub ręczny gaz hamulec montowany pod kolumną kierownicy 	<ul style="list-style-type: none"> - automatyczna skrzynia biegów - ręczny gaz hamulec 	<ul style="list-style-type: none"> - amputacja prawej kończyny: - automatyczna skrzynia biegów - przekładka pedału gazu - amputacja lewej kończyny - automatyczna skrzynia biegów 	<ul style="list-style-type: none"> - nakładki na kierownicę - nakładki na gałkę skrzyni biegów - dostosowanie przełączników 	<ul style="list-style-type: none"> - amputacja prawej kończyny: - ostosowanie gałki skrzyni biegów - dostosowanie kierownicy - amputacja lewej kończyny: - dostosowanie kierownicy - dostosowanie przełączników 	<ul style="list-style-type: none"> - amputacja palców prawej kończyny: - dostosowanie gałki skrzyni biegów - dostosowanie kierownicy - amputacja palców lewej kończyny: - dostosowanie kierownicy - dostosowanie przełączników

Rys. 2.4. Algorytm doboru urządzeń adaptujących samochodowe urządzenia sterownicze [18].

CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH
POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)



Rys. 2.5. Algorytm doboru wyposażenia dodatkowego [18].

Stosując algorytm dochodzimy do sytuacji, w której istnieje już tylko ograniczony zestaw rozwiązań, np. montaż automatycznej skrzyni biegów, instalacja ręcznego sterowania gazem, hamulcem, sprzęgłem itp. O wybraniu ostatecznego rozwiązania decydują osobiste preferencje przyszłego użytkownika lub drugi czynnik decydujący, a mianowicie dostępny budżet na adaptację. Zakres cen urządzeń adaptacyjnych jest bardzo szeroki. Zazwyczaj te bardziej przyjazne, ergonomiczne i zautomatyzowane rozwiązania są znacznie droższe, przez co dla większej liczby osób mniej dostępne.

Drugim sposobem doboru oprzyrządowania jest poleganie na ekspertach, którzy na podstawie rozpoznanej choroby lub szczególnej potrzeby są w stanie z katalogu dostępnych rozwiązań dobrać to najbardziej odpowiednie. Dobór ten może być jednak subiektywny [7], a tym samym nieoptymalny. Dlatego podejmowane są działania w celu opracowania niezależnego i obiektywnego systemu doboru urządzenia do adaptacji, m.in. w Instytucie Transportu Samochodowego [7]. System bazuje na zamkniętej bazie danych urządzeń i potrzeb, na podstawie której wybierane jest optymalne rozwiązanie.

3. Standardy projektowania uniwersalnego indywidualnego środka transportu

3.1. Wymagania dot. środków transportu.

Biorąc pod uwagę różnorodność wymiarową, ograniczenia w sprawności i poziom percepcji populacji niełatwo jest zapewnić dostępność każdego środka transportu dla każdego członka populacji. Jednakże zmiany w obszarze transportu indywidualnego, szczególnie popularyzacja przekładni automatycznych, napędów elektrycznych i wodorowych (które właściwie nie wymagają od kierowcy zmiany przełożeń w trakcie jazdy) oraz rozwój mechatroniki skutkujący ulepszaniem systemów wspomagających kierowcę zmniejszając liczbę zadań stawianych przed kierowcą, w znacznym stopniu przyczyniają się do poszerzenia dostępności środków transportu dla OSP.

Zgodnie z *Wytycznymi w zakresie realizacji zasady równości szans i niedyskryminacji, w tym dostępności dla osób z niepełnosprawnościami oraz zasady równości szans kobiet i mężczyzn w ramach funduszy unijnych na lata 2014-2020* [8] należy wdrażać i stosować uniwersalne projektowanie. Koncepcja uniwersalnego projektowania zakłada projektowanie produktów, środowiska, programów i usług w taki sposób, by były użyteczne dla wszystkich w możliwie największym stopniu, bez potrzeby adaptacji lub specjalistycznego projektowania. Koncepcja ta jest oparta na ośmiu zasadach [8], które jednocześnie są podstawowymi i obowiązkowymi standardami w projektowaniu uniwersalnym dotyczącymi wszystkich typów i rodzajów środków transportu indywidualnego. Są to:

- Zapewnienie równych szans dla wszystkich (równy dostęp do wszystkich elementów, przedmiotów),
- Zapewnienie elastyczności w użytkowaniu (możliwość użytkowania przedmiotów w różny sposób, uwzględniający różne możliwości i potrzeby użytkownika),
- Zapewnienie prostoty i intuicyjność w użytkowaniu (projektowanie w sposób zapewniający zrozumienie dla każdego odbiorcy),
- Zapewnienie dostrzegalność informacji dla wszystkich użytkowników (informacja ma być dostępna zarówno w trybie wzrokowym, słuchowym jak i dotykowym),
- Uwzględnienie tolerancji na błędy (minimalizacja ryzyka błędnej obsługi, ograniczenia niekorzystnych efektów),
- Ograniczenie wysiłku fizycznego potrzebnego podczas użytkowania (projektowanie z użyciem minimalnej siły),
- Dostosowanie rozmiaru i przestrzeni wystarczającej dla użytkownika (odpowiednie dopasowanie przestrzeni dla każdego potencjalnego użytkownika),
- Zapewnienie percepcji równości (zapewnienie braku poczucia dyskryminacji lub naznaczenia u korzystającego z przedmiotu/usługi).

W zakresie projektowania transportu indywidualnego (pojazdy samochodowe, skutery, rowery napędzane siłą mięśni i/lub elektrycznie, hulajnogi i inne pojazdy pochodne) muszą być spełnione zasady koncepcji projektowania uniwersalnego w odniesieniu do czterech podstawowych obszarów:

**CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH
POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)**

- Zajmowania pozycji, w tym m.in.: wsiadania i wysiadania (otwieranie drzwi, przenoszenie własnego ciężaru do stanowiska użytkownika, zamykanie drzwi), dostosowanie pozycji ciała (regulacja elementów podpierających np. siedzenia, oparcia),
- Rozmieszczenia oprzyrządowania, w tym systemów sterowania,
- Dostarczania informacji (komunikacji połączonej z możliwością interakcji),
- Przechowywania dodatkowych elementów, np. aparatury medycznej, kul, wózka inwalidzkiego, chodzika, uchwytów wspomagających wsiadanie.

W zakresie pierwszego wymogu (obejmujący zajmowanie pozycji) standardami powinny być:

- Wyposażenie pojazdu lub możliwość szybkiego montażu uchwytu do wsparcia ciała podczas wsiadania i wysiadania (w odniesieniu do aut może to być uchwyt montowany w zawiasie drzwi, zamku lub nad drzwiami. W przypadku pozostałych pojazdów w miejscu pomagającym podniesienie z siedzenia) będącego w zasięgu grupy użytkowników,
- Ustawienie siedzenia lub elementów podpierających w pozycji zapewniającej łatwe wsiadanie i wysiadanie, ergonomiczne ułożenie ciała oraz dobrą widoczność,
- W środkach transportu wyposażonych w drzwi (np. rowery z kabinami, skutery trójkołowe z kabinami) możliwość szerokiego otwarcia drzwi lub stosowanie drzwi przesuwnych,
- Łatwy dostęp do uchwytów do otwierania drzwi. Uchwyty powinny być zaprojektowane na wysokościach zgodnych z podrozdziałem 3.1 oraz 3.4.
- Kontrastowe oznaczenia uchwytów do otwierania drzwi lub wyraźne ich oznaczenie,
- Projektowanie drzwi, których pełne otwarcie nie wymaga użycia dużej siły oraz przemieszczania się (istotne szczególnie w przypadku osób o ograniczonej mobilności, np. przemieszczających się na wózku inwalidzkim). Idealnym rozwiązaniem są drzwi automatycznie otwierane i zamykane,
- Projektowanie oświetlenia dobrze oświetlającego miejsce wsiadania oraz miejsce docelowe użytkownika,
- Zapewnienie możliwości montażu fotela lub elementów podparcia ze sterowaniem elektrycznym z pamięcią pozycji. Preferowane są rozwiązania z możliwością zdalnego ustawienia, np. za pomocą pilota, co najmniej dwóch pozycji fotela: do wsiadania/wysiadania oraz do jazdy,
- Zapewnienie możliwości montażu fotela obracanego w kierunku wyjścia. Preferowane są rozwiązania ze sterowaniem elektronicznym za pomocą pilota,
- Wyposażenie pojazdu lub możliwość szybkiego montażu uchwytu desek transferowych lub dodatkowych urządzeń do przenoszenia ciężaru ciała,
- Projektowanie drzwi wyposażonych w blokowanie położenia drzwi w dowolnej pozycji (np. nacisk drzwi od góry powinien blokować możliwość obrotu drzwi, a umożliwiać stabilne podparcie),

CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)

- Zapewnienie możliwości intuicyjnej regulacji urządzeń sterowniczych po zajęciu miejsca zgodnie z wymogami przedstawionymi w podrozdziałach 3.1-3.4,
- W przypadku pojazdów dwukołowych (np. rower): łatwego montażu dodatkowych komponentów podpierających (np. bocznych kół) dla osób o szczególnych potrzebach w celu bezpiecznej jazdy.
- Regulacja wysokości zawieszenia z zewnątrz - regulacja wysokości siedzenia lub zawieszenia za pomocą pilota.

W zakresie drugiego wymogu obejmującego rozmieszczenie oprzyrządowania projektowanie uniwersalne (jego standardy) powinno zapewniać:

- Rozmieszczenie elementów sterowania zgodnie z wymaganiami opisanymi w punkcie 3.4,
- Łatwy dostęp do elementów sterowania, zgodnie z wymogami przedstawionymi w podrozdziałach 3.1 – 3.3,
- Możliwość ergonomicznego ustawienia siedziska oraz kierownicy zgodnie z danymi i wymogami przedstawionymi w pkt. 3.1-3.4,
- Intuicyjne sterowanie lusterkami,
- Łatwy dostęp do sterowania siedziskiem (sterowanie powinno odbywać się bez użycia siły lub w sposób elektroniczny z łatwo dostępnymi przyciskami),
- Łatwy dostęp i intuicyjne oraz łatwe sterowanie światłami pojazdu, wycieraczkami i kierunkowskazami (należy unikać manetek o skomplikowanej obsłudze oraz zbyt dużej liczby funkcji w jednym urządzeniu/manetce),
- Łatwy dostęp i intuicyjne oraz łatwe sterowanie zmianą temperatury i nawiewu (o ile pojazd jest w nie wyposażony),
- Możliwość sterowania głosowego wybranymi funkcjami,
- Wyposażenie pojazdu w systemy wspomagające omijania przeszkód oraz parkowania,
- Możliwość włączenia dodatkowych funkcji wspomagających sterowanie, m.in. kontrola odległości od poprzedzającego pojazdu, awaryjnego hamowania po wykryciu przeszkody,
- Łatwy dostęp i intuicyjne oraz łatwe sterowanie kierunkiem jazdy,
- Elementy nie powinny nadmiernie angażować uwagi człowieka,
- Elementy powinny stymulować wszystkie zmysły,
- Projekt przestrzeni powinien być zweryfikowany z wykorzystaniem wskaźników RULA oraz REBA. Zalecane jest korzystanie w trakcie projektowania z systemów CAD zawierających aplikacje do oceny urazowości i ergonomii.

W zakresie wymogu dostarczania informacji zaprojektowany pojazd powinien zapewniać możliwość:

- Ustawienia dobrze widocznych i czytelnych informacji dotyczących wybranego kierunku jazdy oraz aktualnego i sugerowanego biegu (szczególnie w pojazdach silnikowych, w których może dojść do „dławienia

**CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH
POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)**

silnika” lub jazdy na zbyt dużych obrotach) zgodnie z wymogami opisanymi w podrozdziale 3.4,

- Ustawienia dobrze widocznych i czytelnych informacji o włączonych światłach oraz kierunkowskazach zgodnie z wymogami opisanymi w podrozdziale 3.4,
- Ustawienia dobrze widocznych i czytelnych informacji o aktualnej prędkości zgodnie z wymogami opisanymi w podrozdziale 3.4,
- Ustawienia dobrze widocznych i czytelnych informacji graficzno-dźwiękowych o aktualnym stanie pojazdu – hamulec postojowy, rozłożone podpórki wspomagające ruszanie itp. zgodnie z wymogami opisanymi w podrozdziale 3.4,
- Ustawienia dobrze widocznych i czytelnych informacji o nagłych zmianach prędkości pojazdu poprzedzającego lub martwej strefie zgodnie z wymogami opisanymi w podrozdziale 3.4,
- Dublowania przekazywanych informacji: dźwięk-obraz, dotyk-obraz, dźwięk-dotyk,
- Czytelne, duże i kontrastowe oznaczenia podstawowych przycisków funkcyjnych,
- Filtrowania i wzmacniania wybranych dźwięków z zewnątrz z dodatkowym wizualnym wskazaniem (np. sygnałów dźwiękowych innych pojazdów, dźwięku służb ratunkowych),
- Wyłączania „rozpraszaczy”, tzn. wyłączenia wszystkich lampek oraz wskaźników poza podstawowymi.

W zakresie wymogu przechowywania dodatkowych elementów, np. aparatury medycznej, kul, wózka inwalidzkiego, chodzika, uchwytów wspomagających wsiadanie należy zapewnić:

- Przestrzeń niezbędną do przewożenia elementów dodatkowych niezbędnych danej grupie użytkowników,
- Przestrzeń niezbędną do załadunku elementów dodatkowych niezbędnych danej grupie użytkowników,
- Możliwość samodzielnego załadunku bez użycia dużej siły elementów dodatkowych przez użytkownika.

W kolejnych podrozdziałach opisane zostaną dane niezbędne do realizacji projektowania uniwersalnego. Będą to dane dotyczące: wymiarów ciała ludzkiego, ustawienia pozycji ciała w środku transportu indywidualnego oraz doboru i rozmieszczenia elementów sterowania.

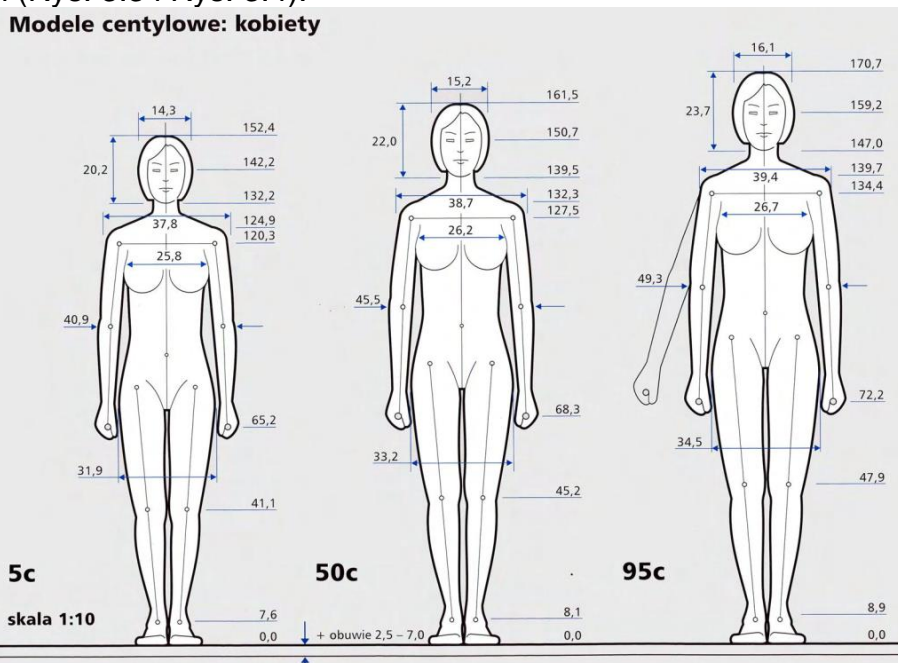
3.2. Wymiary ciała ludzkiego – dane do projektowania i oceny ergonomicznej

Jednym z kluczowych aspektów podczas projektowania przestrzeni dla człowieka są wymiary przyszłego użytkownika lub grup użytkowników. Informacji tych dostarczają wyniki pomiarów antropometrycznych zebrane m.in. w atlasach miar człowieka. Dane te dotyczą osób bez ujawnionych nieprawidłowości dotyczących budowy ciała, jednak można je z powodzeniem zastosować do osób o szczególnych

CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH
POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)

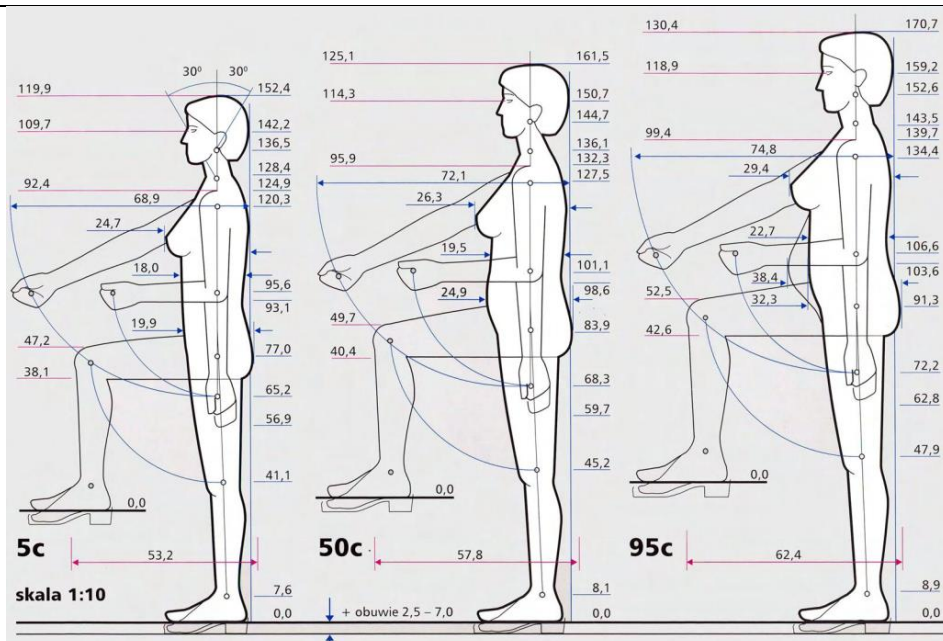
potrzebach biorąc pod uwagę, że pewna część cech antropometrycznych jest taka sama.

Dane w atlasach antropometrycznych katalogowane są dla określonych grup wymiarowych przebadanych osób. Rozróżniane są tzw. grupy centylowe: 5c (percentyl piąty), 50c (percentyl pięćdziesiąty) oraz 95c (percentyl dziewięćdziesiąty piąty), niezależnie dla kobiet i mężczyzn. Percentyle, zwane centylami, są jednostką statystyczną i określają położenie danego wyniku względem całej grupy wyników. Oznacza to, że jeżeli jest podany wzrost 152,4 cm dla 5c w grupie żeńskiej, to 5% populacji kobiet jest niższych. Jeżeli jest podany wzrost 174,8 cm dla 50c w grupie mężczyzn, to 50% populacji mężczyzn jest niższych itd. Poniżej przedstawiono wymiary ciała ludzkiego dla pozycji stojącej, niezależnie dla kobiet (Rys. 3.1 i Rys. 3.2) i mężczyzn (Rys. 3.3 i Rys. 3.4).

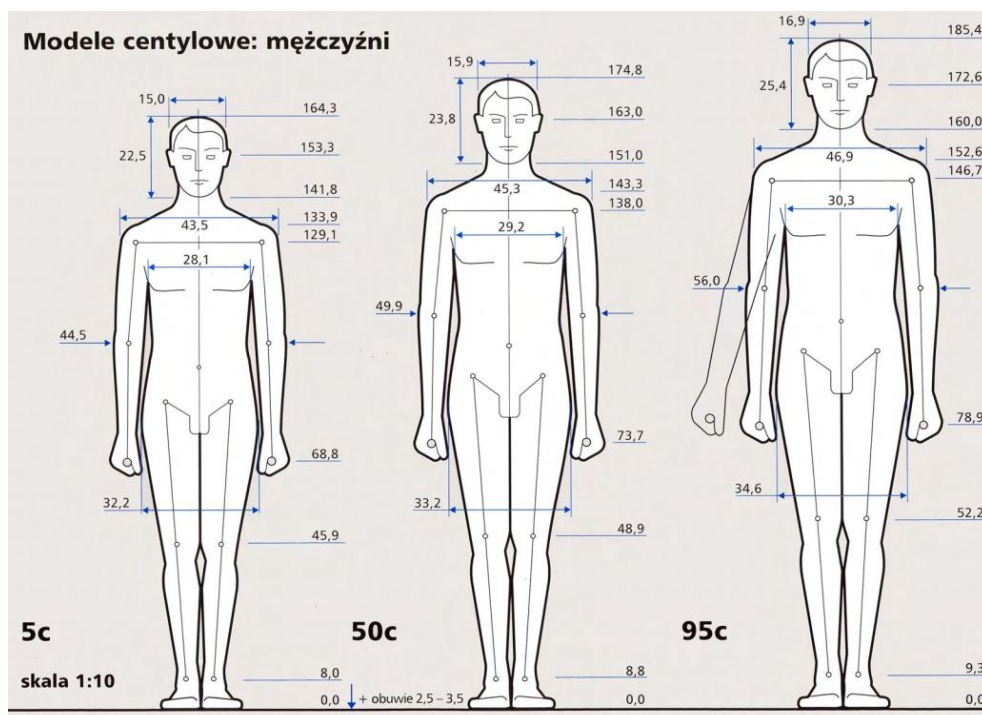


Rys. 3.1. Wymiary modeli centylowych żeńskich w płaszczyźnie czołowej [14]. Wymiary w [cm].

CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)

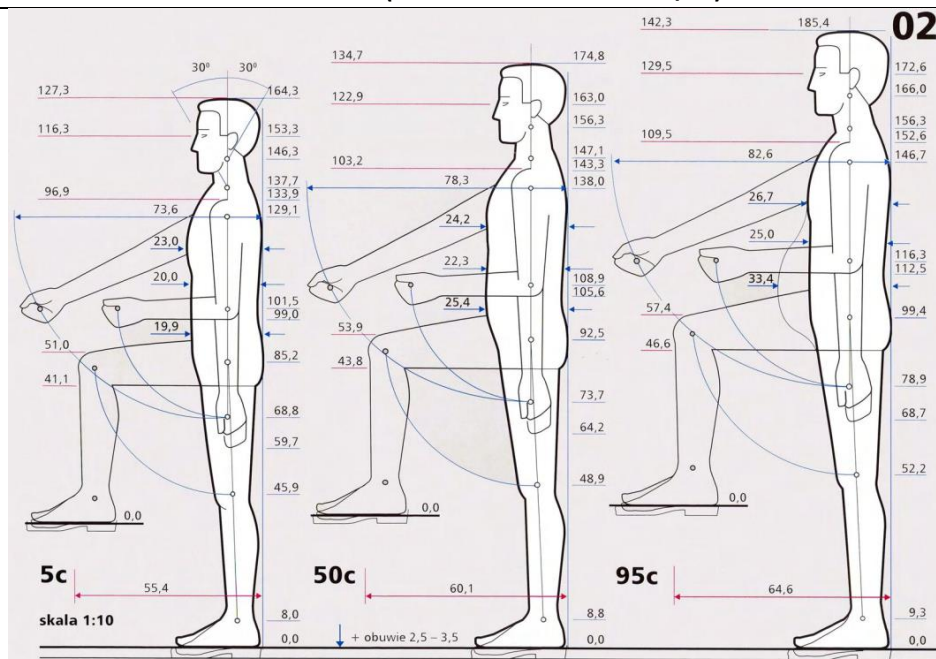


Rys. 3.2. Wymiary modeli centylowych żeńskich w płaszczyźnie strzałkowej [14]. Wymiary w [cm].



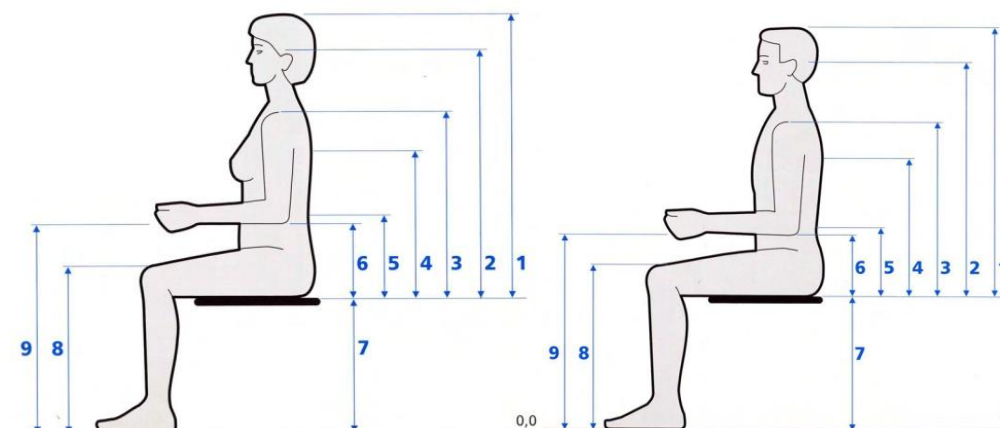
Rys. 3.3. Wymiary modeli centylowych męskich w płaszczyźnie czołowej [14]. Wymiary w [cm].

CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH
POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)



Rys. 3.4. Wymiary modeli centylowych męskich w płaszczyźnie strzałkowej [14]. Wymiary w [cm].

Modele centylowe w pozycji stojącej mogą być z powodzeniem zastosowane w pojazdach, w których uczestnik ruchu drogowego używa indywidualny środek transportu w tej pozycji, np. hulajnogach, monocyklach itp. W wielu grupach pojazdów użytkownicy korzystają z nich w pozycji siedzącej. Do projektowania przestrzeni w tej pozycji na Rys. 3.5, Rys. 3.6 i Rys. 3.7 przedstawiono oznaczenia wielkości pomiarowych w płaszczyźnie strzałkowej oraz czołowej, których wyniki pomiarów przedstawiono w Tabela 3-1, Tabela 3-2 oraz Tabela 3-3. W Tabela 3-4 przedstawiono dane antropometryczne dla osób niepełnosprawnych poruszających się na wózku inwalidzkim.

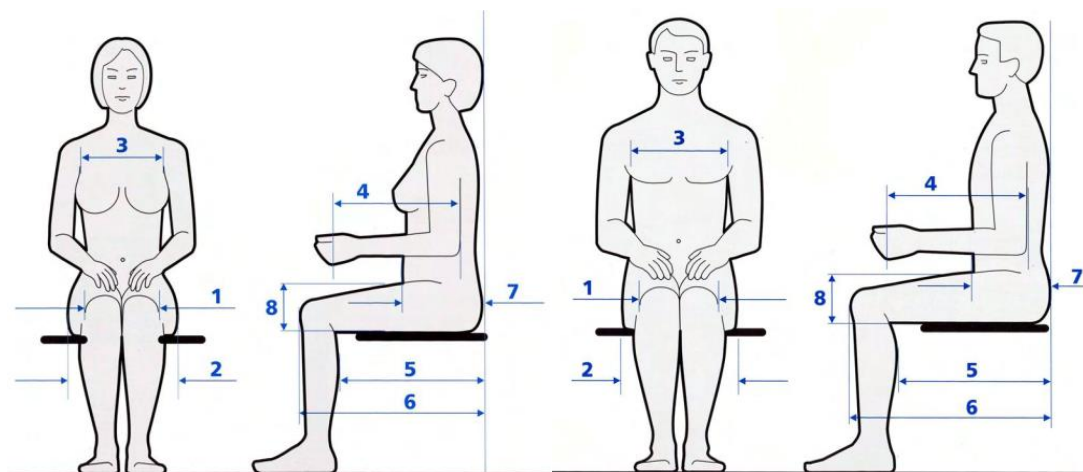


Rys. 3.5. Oznaczenia pomiarów dotyczących wysokości w pozycji siedzącej bocznej: kobieta (po lewej), mężczyzna (po prawej) [14].

CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH
POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)

Tabela 3-1. Wyniki pomiarów antropometrycznych w płaszczyźnie strzałkowej dla pozycji siedzącej [14] zaznaczonych na Rys. 3.5. Wymiary w [mm].

Lp.	Nazwa wymiaru	Kobiety			Mężczyźni		
		5c	50c	95c	5c	50c	95c
1	Wysokość siedzeniowa	798	847	897	849	909	970
2	Wysokość oczna	696	741	787	738	792	850
3	Wysokość barkowa	515	556	596	542	594	645
4	Wysokość kifozy piersiowej	408	457	499	432	485	552
5	Wysokość lordozy lędźwiowej	190	253	315	186	239	301
6	Wysokość łokciowa	190	219	240	196	217	250
7	Wysokość podkolanowa od podstawy	363	404	431	397	438	481
8	Wysokość kolanowa od podstawy	466	512	544	500	548	595
9	Wysokość łokciowa od podstawy	553	623	671	593	655	731



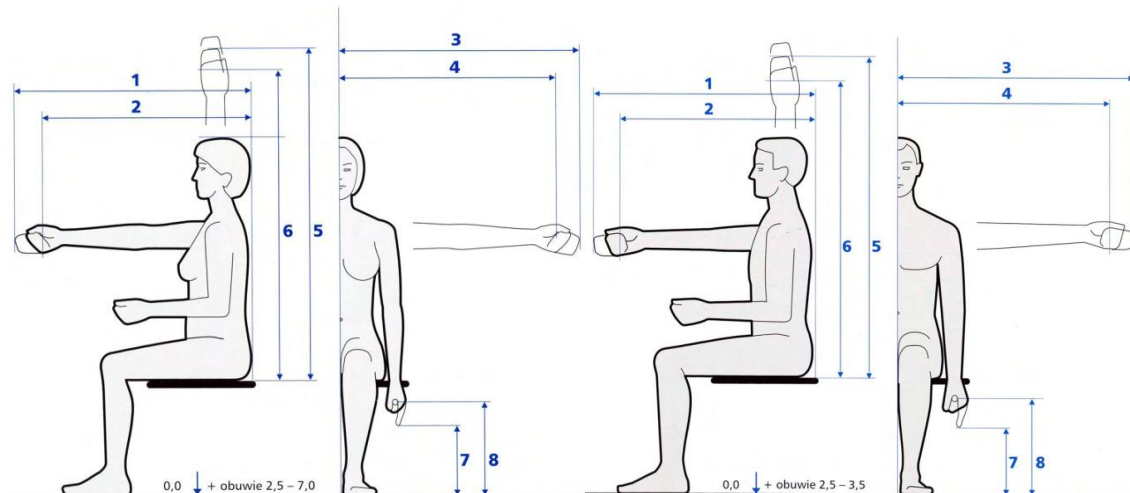
Rys. 3.6. Oznaczenia pomiarów dotyczących wysokości w pozycji siedzącej bocznej i czołowej: kobieta (po lewej), mężczyzna (po prawej) [14].

Tabela 3-2. Wyniki pomiarów antropometrycznych w płaszczyźnie strzałkowej dla pozycji siedzącej [14] zaznaczonych na Rys. 3.6. Wymiary w [mm].

Lp.	Nazwa wymiaru	Kobiety			Mężczyźni		
		5c	50c	95c	5c	50c	95c
1	Szerokość kolan	197	224	252	209	242	289
2	Szerokość biodrowa	325	365	410	319	353	392
3	Szerokość klatki piersiowej	232	262	298	260	292	326
4	Długość: łokieć – oś uchwytu	287	355	403	327	384	431
5	Długość siedzeniowa	421	462	508	420	472	523
6	Długość: pośladek – kolano	532	578	624	554	601	646
7	Głębokość: pośladek - brzuch	197	256	343	230	284	344

CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH
POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)

8	Grubość uda	124	144	177	113	144	179
---	-------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----



Rys. 3.7. Oznaczenia pomiarów dotyczących maksymalnych zasięgów rąk w pozycji siedzącej: kobieta (po lewej), mężczyzna (po prawej) [14].

Tabela 3-3. Wyniki pomiarów antropometrycznych w płaszczyźnie strzałkowej dla pozycji siedzącej [14] zaznaczonych na Rys. 3.7. Wymiary w [mm]

Lp.	Nazwa wymiaru	Kobiety			Mężczyźni		
		5c	50c	95c	5c	50c	95c
1	Zasięg przedni przy ręce wyprostowanej	754	807	859	814	878	934
2	Zasięg przedni do osi chwytu ręki	671	721	768	722	782	832
3	Zasięg boczny przy ręce wyprostowanej	769	819	885	834	901	963
4	Zasięg boczny do osi chwytu ręki	686	733	794	742	805	861
5	Zasięg górny przy ręce wyprostowanej	1202	1284	1363	1292	1389	1471
6	Zasięg górny do osi chwytu ręk	1119	1198	1272	1200	1293	1370
7	Zasięg dolny przy ręce wyprostowanej	243	256	276	246	260	275
8	Zasięg dolny do osi chwytu ręki	326	342	367	338	356	377

Tabela 3-4. Dane antropometryczne niepełnosprawnych kobiet i mężczyzn w pozycji siedzącej [15]. Oznaczenia zgodne z tabelami powyżej. Wymiary w [mm].

Nazwa wymiaru	Kobiety		Mężczyźni	
	5c	95c	5c	95c
Wysokość siedzeniowa	668	894	769	960
Wysokość oczna	570	789	667	857
Wysokość barkowa	433	619	495	682
Wysokość łokciowa	133	281	144	297

CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)

Wysokość kolanowa od podstawy	407	530	468	605
Wysokość podkolanowa od podstawy	315	454	383	513
Długość siedzeniowa	418	571	461	636
Grubość uda	68	137	77	142
Szerokość klatki piersiowej	310	394	353	425
Szerokość biodrowa	266	392	190	469
Zasięg górny przy ręce wyprostowanej	882	1192	1028	1324
Zasięg przedni przy ręce wyprostowanej	558	713	653	840
Zasięg boczny przy ręce wyprostowanej	534	700	647	807

Dane liczbowe zawarte w atlasach anatomicznych nie zawierają informacji o biomechanice danej osoby. Na przykład w przypadku osób starszych ze względu na procesy starzenia problematyczne jest schyłanie się. Zmniejszają się również zasięgi kończyn. W pracy [15] zdefiniowano trzy strefy komfortu w pozycji stojącej. Za najkorzystniejszą uważa się wysokość pomiędzy wysokością barkową a łokciową. Dla osób starszych wynosi ona od 850 do 1200 mm [17]. Strefa dolna zawiera się między 850 a 610 mm i należy jej unikać ze względu na konieczność schyłania się. Górna granica sięgania nie powinna przekraczać 1600 mm. Wiele osób starszych musi wykonywać czynności w pozycji siedzącej, ze względu na trudności z utrzymaniem pozycji stojącej. W takim przypadku, przyjmując wymiar krzesła dla pięciocentylowej kobiety [17], górny zakres dosięgania będzie wynosił 1280 mm, a dolny 280 mm. Strefa optymalna będzie zawierała się między 470 mm a 810 mm [16, 17]. Jeżeli przyjmiemy wysokość siedziska jako wysokość typowego wózka inwalidzkiego, to wymiary sięgania będą bardzo zbliżone do osoby niepełnosprawnej [17] (Tabela 3-5).

Tabela 3-5. Charakterystyczne wymiary stref dosięgania [17].

Rodzaj strefy	Osoby starsze [mm]	Osoby niepełnosprawne [mm]	Próba połączona [mm]
Górna	max. 1470	max. 1412	max. 1412
	min. 1000	min. 990	min. 990
Optymalna	max. 1000	max. 990	max. 990
	min. 660	min. 670	min. 660
Dolna	max. 660	max. 670	max. 660
	min. 480	min. 480	min. 480

Ponieważ optymalny zakres dla pozycji stojącej i siedzącej pokrywa się, dla środków transportu indywidualnego obsługiwane na siedząco i stojąco powinno się stosować zakres między 850 mm a 990 mm.

Projektowanie przestrzeni w indywidualnych środkach transportu może się opierać w dużej mierze na danych antropometrycznych. Odpowiedni dobór poszczególnych wymiarów pozwala na dostosowanie projektu do możliwie najszerszej grupy

CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH
POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)

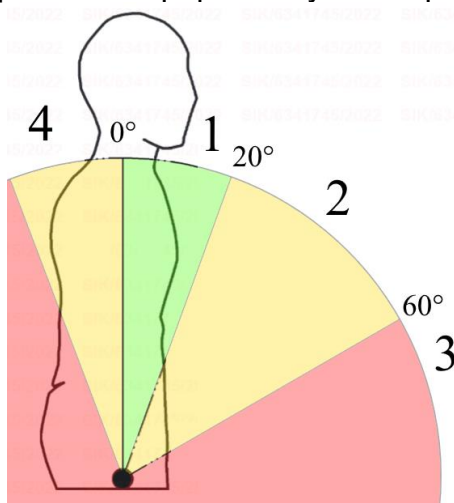
użytkowników. Należy przy tym pamiętać, że niewskazane jest wykorzystanie tylko uśrednionych wartości, a zrozumienie jak wykorzystać dane antropometryczne do wskazywania właściwych ograniczeń projektowych. Np. określając wysokość siedziska należy wziąć pod uwagę nie uśredniony dla kobiet i mężczyzn pięćdziesiąty centyl, ale piąty centyl żeński oraz dziewięćdziesiąty piąty męski. Piąty centyl żeński wyznaczy wtedy minimalną wysokość siedziska, a dziewięćdziesiąty męski maksymalną. Różnica tych wysokości wskaże jednoznacznie minimalny zakres regulacji wysokości siedziska.

Również stosowanie maksymalnych wymiarów nie jest wskazane. W przypadku realizowania określonej czynności przez dłuższy czas, jak w przypadku korzystania ze środka transportu, ważne jest również odpowiednie ułożenie ciała, które wpływa na ergonomię.

3.3. Ułożenie ciała – pojazdy wykorzystywane w pozycji stojącej

Prawidłowe ułożenie ciała w indywidualnym środku transportu jest niezwykle ważne z punktu widzenia zmniejszenia zmęczenia i podniesienia bezpieczeństwa. W tym podrozdziale zostaną przedstawione wymagania dotyczące położenia ciała. Wskazane zostaną obszary optymalne, akceptowalne pod warunkiem spełnienia dodatkowych wymagań oraz te nieakceptowalne.

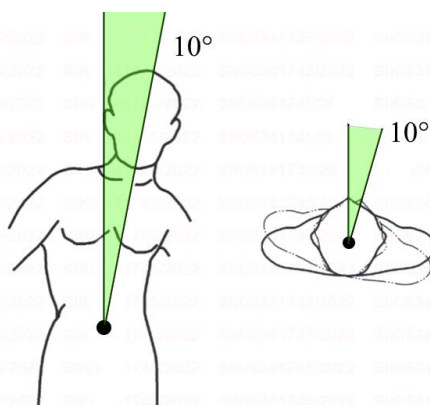
Na Rys. 3.8 przedstawiono strefy pochylecia tułowia do przodu i do tyłu w płaszczyźnie strzałkowej. Strefa 1, zawierająca wszystkie położenia od pionu do pochylecia do przodu pod kątem 20° , jest akceptowalna bez względu na częstość ruchów. Strefa 2 (pochylecie do przodu od 20° do 60°) jest akceptowalna dla pozycji nieruchomej, pod warunkiem pełnego podparcia tułowia i udowodnienia, że podparcie to nie niesie ze sobą ryzyka dla zdrowia lub niesie pomijalnie małe. W przypadku ruchu o małej częstości ($< 2/\text{min}$) jest akceptowalna, a dla dużej częstości ruchów ($\geq 2/\text{min}$) nieakceptowalna. Strefa 3 jest nieakceptowalna dla pozycji nieruchomej i dużej częstości ruchu. Dla małej częstości ruchu akceptowalna warunkowo. Strefa 4 jest nieakceptowalna dla dużej częstości ruchów. Dla małej częstości ruchów i pozycji nieruchomej jest akceptowalna warunkowo, wymaga pełnego podparcia tułowia. Podparcie to może być zapewnione np. przez wysokie oparcie fotela lub uprząż.



Rys. 3.8. Strefy pochylecia tułowia do przodu/tyłu [10].

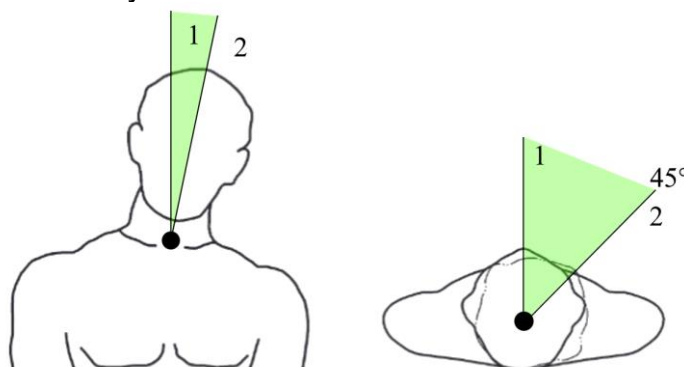
CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH
POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)

W przypadku zgięcia i skrętu tułowia w płaszczyźnie czołowej rozróżniamy dwie strefy: do 10° i powyżej. Do 10° pozycja jest bezwzględnie akceptowalna. Strefa powyżej 10° jest nieakceptowalna dla pozycji nieruchomej i dużej częstotliwości ruchu ($\geq 2/\text{min}$). Dla ruchu o małej częstotliwości jest akceptowalna tylko w przypadku wykonywania czynności przez krótki czas.



Rys. 3.9. Strefy zgięcia boczno i skrętu tułowia [10].

Zginanie boczne i skręcanie możemy również rozpatrywać w odniesieniu do pozycji głowy względem górnej części tułowia (Rys. 3.10). Zgięcie boczne w zakresie do 10° oraz skręcenie do 45° jest w pełni akceptowalne. Powyżej tych wartości jest warunkowo akceptowalne tylko dla małej częstotliwości ruchu ($< 2/\text{min}$). Warunkiem jest krótki czas wykonywania czynności.

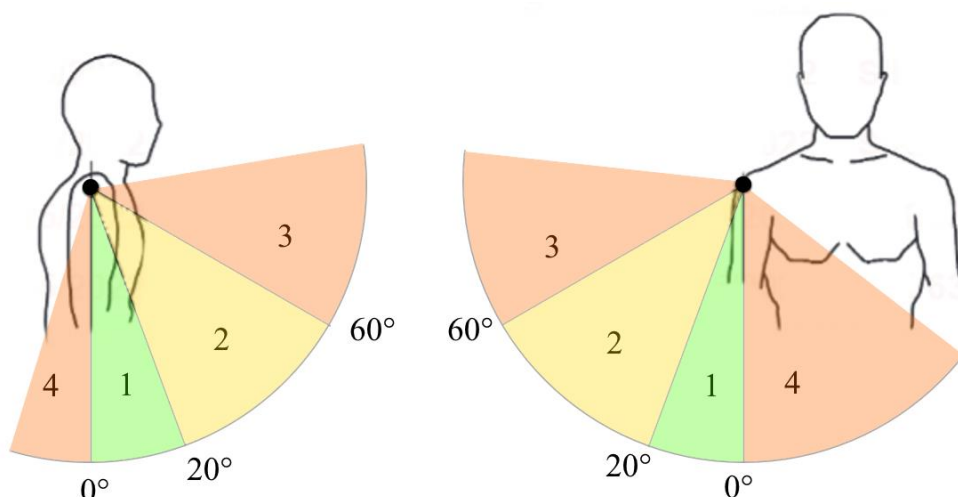


Rys. 3.10. Strefy zginania szyi na boki lub skręcania w odniesieniu do górnej części tułowia [10].

Na Rys. 3.11 przedstawiono strefy pozycji ramienia oznaczone w płaszczyźnie czołowej oraz strzałkowej. Strefa 1 [10] niezależnie od charakteru ruchu i jego zmiany jest akceptowalna. Strefa 2 jest bezwzględnie akceptowalna dla ruchu o małej częstotliwości ($< 2/\text{min}$). Jeżeli pozycja ma być stała nieruchoma to musi być pełne podparcie ramienia. Jeżeli tego podparcia nie ma to wskazanie czy ta strefa jest akceptowalna zależy od czasu trwania pozycji i okresu odnowy. Strefa 2 w przypadku ruchu o dużej częstotliwości ($> 2/\text{min}$) jest akceptowalna, o ile nie jest to ruch częstszy niż

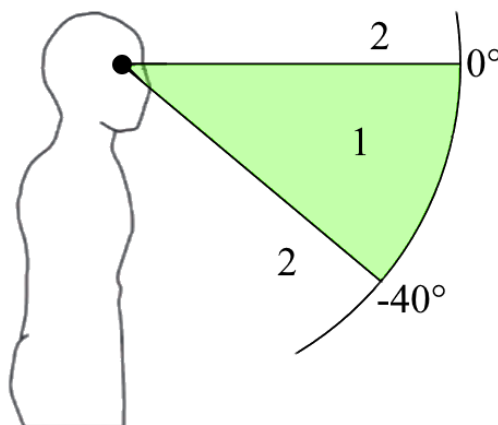
CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH
POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)

10/min. Strefa 3 i 4 jest akceptowalna tylko dla ruchu o małej częstotliwości (< 2/min) pod warunkiem jednak, że czynności wykonywane w tej pozycji nie będą wykonywane przez dłuższy czas.



Rys. 3.11. Strefy pozycji ramienia [10].

W pozycji pionowej wyprostowanej linia wzroku powinna się zawierać w zakresie od 0° (linia pozioma) do -40° (strefa 1 na Rys. 3.12) niezależnie od tego czy pozycja jest nieruchoma, czy występuje ruch. Poza tą strefą utrzymywanie linii wzroku jest akceptowalne tylko przez krótki czas i tylko dla ruchu o małej częstotliwości (< 2/min).



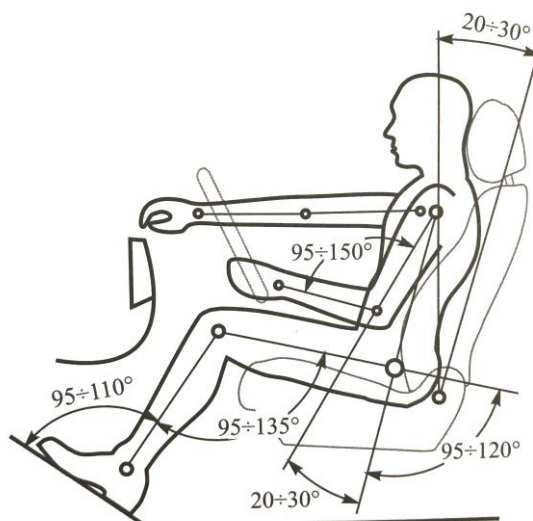
Rys. 3.12. Strefy linii widzenia w płaszczyźnie strzałkowej [10].

3.4. Ułożenie ciała – pojazdy wykorzystywane w pozycji siedzącej

W poprzednim podrozdziale przedstawiono zalecenia dotyczące pozycji pionowej. Zalecenia te również aktualne są dla pozycji siedzącej. Dodatkowo dla pozycji siedzącej zdefiniowane są kąty komfortu wyznaczone na drodze badań cech psychofizycznych człowieka. Ułożenie ciała w zakresach tych kątów (Rys. 3.13)

CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH
POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)

powinno zapewnić optymalny komfort uczestnika ruchu drogowego (kierowcy i/lub pasażera). Zgodnie z tymi zaleceniami odchylenie ramienia powinno się zawierać między 20° a 30° . Dolna granica jest zgodna z maksymalnym kątem wskazanym dla pozycji stojącej. Należy jednak mieć na uwadze, że w przypadku kierowcy występuje dodatkowa podpora w postaci kierownicy, a w przypadku pasażera kąt ten będzie mniejszy. Dalej kąt w stawie łokciowym powinien zawierać się między 95° a 150° , co zgodne jest z wymaganiami określonymi w normach dotyczących pozycji siedzącej. Odchylenie oparcia powinno wynosić 20° do 30° . W dolnej części ciała zdefiniowane są kąty dla stawu biodrowego, kolanowego oraz skokowego. Kąt w stawie biodrowym powinien mieścić się między 95° a 120° , kolanowy między 95° a 135° . Prace prowadzone przez Centralny Instytut Ochrony Pracy [14] wskazują, że wariantem charakteryzującym się najmniejszym obciążeniem dla ciała człowieka oraz najkrótszym czasem reakcji jest ustawienie ciała, dla którego kąt w stawie biodrowym wynosi 110° , a w stawie kolanowym 90 lub 110° [13].



Rys. 3.13. Uśrednione zakresy kątów pozycji siedzącej w samochodzie osobowym zapewniające optymalny komfort [12].

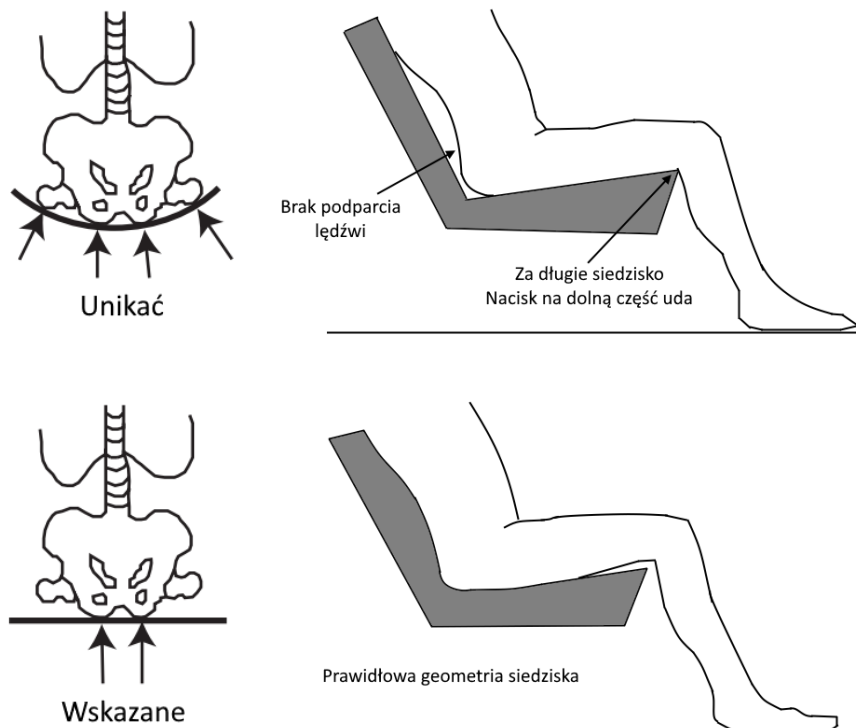
Wiele opracowań dostępnych w literaturze porusza temat ułożenia ciała kierowcy prowadzącego w pozycji siedzącej oraz aranżacji przestrzeni wokół niego. Są to jednak opracowania wskazujące optymalne wymiary dla wybranych percentyli wybranych społeczności w zdecydowanej większości zdrowych osób, bez uzupełnienia o wskazówki w odniesieniu do osób o szczególnych potrzebach.

Opracowanie *Ergonomics in the automotive design process* [6] wskazuje, że podczas opracowywania nowego pojazdu ułożenie ciała osoby kierującej w pozycji siedzącej (w tym o szczególnych potrzebach) z ukierunkowaniem na określoną grupę odbiorców powinno być analizowane w następujących aspektach:

- Przestrzeń wejścia i wyjścia. Analizowane powinno być umiejscowienie siedzeń, ich kształt, odstępów podczas wchodzenia i wychodzenia (tj. przestrzeń dostępna dla ruchów głowy, tułowia, kolan, ud, stóp, rąk i tułowia), przejście wewnątrz, umiejscowienie uchwytów itd.
- Wygodna pozycja siedząca, która jest inna dla różnych środków transportu indywidualnego oraz dla pojazdów o różnym przeznaczeniu. Parametrami do

CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH
POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)

ustalenia są parametry przedstawione na rysunku 3.13. Dodatkowo poruszone powinny być aspekty dot. naprężenia w kręgosłupie (sił i nacisków) oraz kształt podparcia. Dla tych dwóch parametrów pożądane i nieakceptowalne przykłady przedstawiono na rysunku poniżej (Rys. 3.14)



Rys. 3.14. Wskazane i niewskazane sposoby podparcia ciała [6].

- Dobór i umiejscowienie elementów sterowniczych oraz wyświetlaczy. Aspekt ten został opisany w kolejnym punkcie.
- Widoczność obszarów wewnętrznych i zewnętrznych.
- Miejsce do przechowywania, zapewniające wygodny i bezpieczny dostęp do przedmiotów wnoszonych do pojazdu.

Na podstawie tych informacji można stwierdzić, że rodzaj oraz przeznaczenie pojazdu, a także grupa docelowa odbiorców definiują bezpośrednio parametry, jakimi powinno charakteryzować się ułożenie ciała kierowcy w pozycji siedzącej. Bardzo dobrym opracowaniem dot. pojazdów samochodowych jest w tym zakresie praca [18], która zawiera listę kontrolną obejmującą najważniejsze cechy, które powinno się wziąć pod uwagę oceniając konstrukcję pojazdu pod kątem osób z niepełnosprawnością ruchową. Zostały one pogrupowane dla następujących grup:

- Wsiadanie do pojazdu,
- Zajęcie pozycji do jazdy,
- Układ sterowniczy,
- Układ napędowy,
- Podzespoły.

Lista ta (Rys. 3.15) zawiera informację dot. minimalnych wymiarów potrzebnych do wsiadania i zajęcia pozycji do jazdy, a także wymagania funkcjonalne.

CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)

Lp.	Kontrolowane zagadnienie	TAK	NIE	NIE DOTYCZY	UWAGI WŁASNE
1. WSIADANIE					
1.1	Czy szerokość otworu drzwiowego mieści się w przedziale 798 -1155 mm?				
1.2	Czy drzwi w maksymalnym wychyleniu pozwalają na skuteczny transfer z wózka na miejsce kierowcy?				
1.3	Czy szerokość progu mieści się w przedziale 0 ÷ 130 mm?				
1.4	Czy wysokość otworu drzwiowego mieści się w przedziale 711 ÷ 1125 mm?				
1.5	Czy odległość przedniej krawędzi od progu mieści się w przedziale 90 ÷ 279 mm?				
1.6	Czy wysokość siedziska od jezdni mieści się w przedziale 438 ÷ 817 mm?				
1.7	Czy minimalna wysokość otworu drzwiowego od górnej krawędzi siedziska mieści się w przedziale 598 ÷ 849 mm?				
2. Zajęcie pozycji do jazdy					
2.1	Czy maksymalna odległość między kierownicą a oparciem fotela mieści się w przedziale 415 ÷ 625 mm?				
2.2	Czy maksymalna wysokość wnętrza kabiny mieści się w przedziale 881 ÷ 1106 mm?				
2.5	Czy konstrukcja fotela kierowcy zapewnia trzymanie boczne?				
2.6	Czy konstrukcja fotela kierowcy zapewnia możliwość regulacji w wielu płaszczyznach?				
2.7	Czy możliwa jest regulacja kolumny kierowniczej?				
2.9	Czy pojazd posiada udogodnienia do przesiadania się?				
3. Układ sterowniczy					
3.1	Czy pojazd posiada system wspomagania kierownicy?				
3.2	Czy konstrukcja kierownicy zapewnia pewny jej uchwyt?				
3.3	Czy kierownica wykonana jest z materiału antypoślizgowego?				
3.4	Czy jakkolwiek element ogranicza swobodę ruchu?				
4. Układ napędowy					
4.1	Czy odległość do pedałów zapewnia wykorzystanie ich pełnego zakresu?				
4.2	Czy wybrane dostosowanie gazu i hamulca zapewnia wykorzystanie ich pełnego zakresu ?				
4.3	Czy dostosowanie jest zgodne z działaniem sił bezwładności?				
4.4	Czy dostosowanie pozwala na samodzielną zmianę biegów?				
4.5	Czy wybrane dostosowanie pozwala na prowadzenie pojazdu przez osobę pełnosprawną?				
5. Podzespoły (światła, kierunkowskazy itp.)					
5.1	Czy podczas prowadzenia pojazdu możliwa jest obsługa kierunkowskazów?				
5.2	Czy z pozycji kierowcy możliwa jest regulacja lusterek wstecznych i bocznych?				
5.3	Czy możliwa jest obsługa wyposażenia dodatkowego samochodu np. klimatyzacja radio ?				
5.4	Czy pojazd posiada czujniki parkowania?				
5.5	Czy pojazd posiada podłokietnik?				

Rys. 3.15. Lista kontrolna oceny samochodu pod kątem użytkowania przez osobę z niepełnością ruchową [18].

3.5. Dobór i umiejscowienie elementów sterowniczych

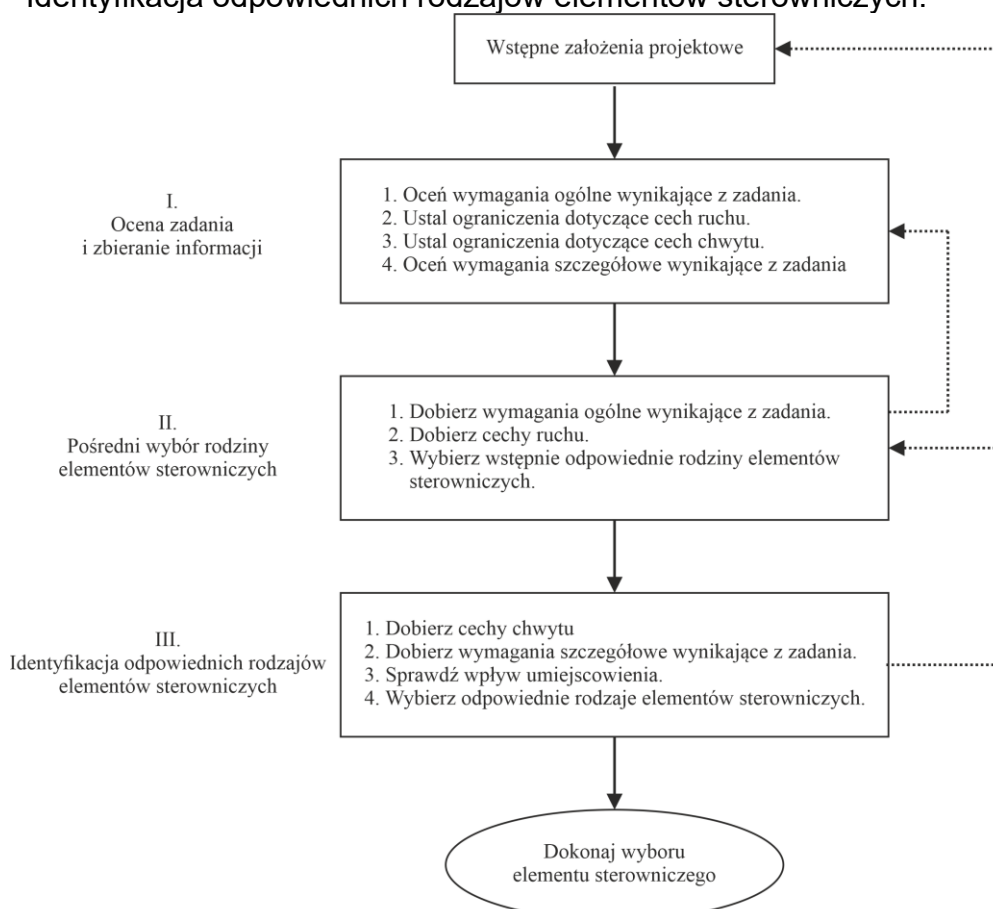
Każdy uczestnik ruchu drogowego ma określone zadania do wykonania, które realizuje za pomocą elementów sterowniczych, będących częścią systemów sterowania. W normie SAE J 1903 urządzenia te podzielono na trzy grupy:

CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)

- główne podstawowe mechanizmy sterujące, mające bezpośredni wpływ na kierunek i prędkość poruszania się pojazdu (kierownica, hamulec, przyspiesznik),
- główne dodatkowe mechanizmy sterujące (dźwignia zmiany biegów, pedał sprzęgła, włącznik kierunkowskazów, włącznik świateł, włącznik wycieraczek, regulacja lusterek, wyłącznik zapłonu, włącznik ogrzewania szyb, włącznik klaksonu),
- pozostałe pomocnicze urządzenia (sterowanie położenia foteli, regulacja kierownicy, sterowanie windą do załadunku wózka, włącznik oświetlenia wewnętrznego, regulatory ogrzewania/klimatyzacji, włącznik radia, włącznik podnoszenia i opuszczania szyb, mechanizmy otwierające/ryglujące drzwi itp.).

Na element sterowniczy użytkownik oddziałuje bezpośrednio, na przykład poprzez wywieranie nacisku. Dostępnych jest wiele różnych rozwiązań elementów sterowniczych, różniących się ze względu na wymagania wynikające z zadania i możliwości operatora. Ich właściwy dobór jest istotny dla bezpieczeństwa i skuteczności działania. Zgodnie z normą PN-EN 894-3:2000+A1:2008 [9] dobór elementów sterowniczych obejmuje trzy kroki (Rys. 3.16):

- Ocena zadania i zbieranie informacji.
- Pośredni wybór rodzin elementów sterowniczych.
- Identyfikacja odpowiednich rodzajów elementów sterowniczych.



Rys. 3.16. Proces doboru ręcznych elementów sterowniczych.

CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)

W ramach oceny zadania i zebrania informacji należy ocenić wymagania ogólne wynikające z zadania, ustalić ograniczenia dotyczące cech ruchu, ustalić ograniczenia dotyczące cech chwytu oraz ocenić wymagania szczegółowe wynikające z zadania. Wymagania ogólne wynikające z zadania to [9]:

- Wymagana dokładności nastawienia ręcznego elementów sterowniczego (dokładność).
- Wymagana prędkość nastawienia (prędkość).
- Wymagania dotyczące siły lub momentu obrotowego (siła).

Wymagania szczegółowe wynikające z zadania to [9]:

- Potrzeba sprawdzenia wzrokiem nastawienia ręcznego elementu sterowniczego.
- Potrzeba sprawdzenia nastawienia dotykiem.
- Potrzeba unikania nieumyślnego zadziałania.
- Potrzeba unikania ześlizgiwania się ręki z ręcznego elementu sterowniczego (tarcie).
- Potrzeba użytkowania rękawic przez operatora.
- Potrzeba łatwego czyszczenia.

Wymagania ogólne wykorzystywane są do wskazania konkretnej klasy elementów sterowniczych, natomiast szczegółowe do doboru konkretnych elementów w obrębie tych klas.

Kolejnym ważnym czynnikiem doboru jest określenie cechy ruchu i cechy chwytu. Norma [9] określa pięć cech ruchu: rodzaj ruchu, oś ruchu, kierunek ruchu, ciągłość ruchu, kąt obrotu w ciągłym ruchu kołowym przekraczającym 180°. Cechy chwytu to: rodzaj chwytu, część ręki wywierająca siłę, sposób wywierania siły.

Dla każdego z wymagań norma [9] rozróżnia pięć poziomów stopnia wymagania danej cechy, numerowane od 0 do 4, gdzie 0 oznacza nieznaczący, a 4 bardzo wysoki stopień wymagania. Skala ta jest wykorzystywana m.in. do określenia zakresów sił i momentów obrotowych przy doborze elementów sterujących (Tabela 3-6).

Tabela 3-6. Klasyfikacja siły/momentu obrotowego [9].

Stopień wymagania	Siła [N]	Moment obrotowy [Nm]
0	< 10	<0,5
1	≥ 10 do < 25	≥ 0,5 do < 1,5
2	≥ 25 do < 50	≥ 1,5 do < 3,0
3	≥ 50 do < 80	≥ 3,0 do < 5,0
4	≥ 80 do < 120	≥ 5,0 do < 50,0

W przypadku elementów sterowniczych, co do których zachodzi potrzeba unikania nieumyślnego zadziałania, stopień wymagania określany jest na podstawie skutków takiego zadziałania. Gdy jest on wysoki zaleca się:

- Umieszczenie elementu sterowniczego we wgłębieniu.
- Osłonięcie elementu sterowniczego.
- Zastosowanie elementu aktywowanego w wyniku wykonania dwóch prostopadłych do siebie ruchów.
- Zastosowanie blokady.

CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)

- Zastosowanie oburęcznego urządzenia sterującego.
- Kolejnym istotnym czynnikiem jest cecha chwytu. Norma [9] określa:
- Nacisk:
 - Wybrany palcem dłoni otwartej.
 - Kciukiem dłoni zamkniętej.
 - Całą dłonią.
 - Zaciśnięcie:
 - Dwoma palcami.
 - Trzema palcami.
 - Całą dłonią.
 - Objęcie:
 - Palcami.
 - Całą dłonią.

Bazując na wyżej wymienionych wymaganiach i cechach możliwe jest skatalogowanie elementów sterowniczych. W tabelach poniżej przedstawiono je zgodnie z normą [9]. Cyfry w tabelach oznaczają stopień wymagania (0-4).

Tabela 3-7. Liniowe ręczne elementy sterownicze – ruchy nieciągłe [9].

Cech uchwytu	Rodzaj elementu sterowniczego	Cechy (wymagania szczegółowe)					
		Sprawdzenie wzrokiem	Sprawdzenie dotykiem	Nieumyślne zadziałanie	Tarcie	Obsługa w rękawicach	Łatwość czyszczenia
Nacisk palcem prostopadle	Para przycisków	2	2	2	1	2	2
	Jeden przycisk	0	0	4	1	2	2
	Łącznik przerzutowy	3	3	3	1	2	2
Nacisk palcem stycznie	Łącznik suwakowy	0	0	3	0	1	1
	Łącznik suwakowy wpuszczony	4	3	4	0	0	0
	Łącznik suwakowy kształtowy wpuszczony	4	4	4	0	0	0
Nacisk ręką prostopadle	Przycisk grzybkowy	4	4	0	3	4	3
	Przycisk dłoniowy	4	4	0	3	4	3
	Przycisk dłoniowy wpuszczony	0	0	0	3	4	4
Zaciśnięcie palcami, prostopadle	Dźwignia przechyłna kolanowa	4	3	0	2	3	2
	Dźwignia płaska, przechyłna, kolanowa	4	3	0	3	3	2
	Dźwignia płaska wpuszczana, kolanowa	3	3	4	4	0	0
	Łącznik suwliwy wyciągany	2	0	0	1	1	3

CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)

Zaciśnięcie palcami stycznie	Łącznik suwliwy powierzchniowy	2	0	0	0	1	3
	Łącznik suwliwy z rowkowaną powierzchnią	2	0	0	0	1	1
Zaciśnięcie ręką prostopadłe	Uchwyt wielopalcowy	2	0	0	3	3	2
	Uchwyt wielopalcowy chowany	0	0	4	4	1	0
	Gałka dwukierunkowa	2	0	0	2	3	4
Objęcie palcami prostopadłe	Pałak pociągany	2	0	1	4	3	3
	Uchwyt drążkowy pociągany	2	0	0	3	4	3
	Uchwyt teowy pociągany	2	0	0	4	4	3
Objęcie ręką prostopadłe	Rękojeść odgięta gładka	2	0	0	4	4	4
	Rękojeść odgięta żłobkowana	2	0	0	4	4	4
	Uchwyt drążkowy gładki	2	0	3	4	3	2
Objęcie ręką stycznie	Rękojeść stożkowa gładka	2	0	0	1	4	4
	Rękojeść żłobkowana	2	0	0	2	4	4
	Rękojeść pałakowa	2	0	0	3	3	2

Tabela 3-8. Liniowe ręczne elementy sterownicze – ruchy ciągłe [9].

Cech uchwytu	Rodzaj elementu sterowniczego	Cechy (wymagania szczegółowe)					
		Sprawdzenie wzrokiem	Sprawdzenie dotykiem	Nieumyślne zadziałanie	Tarcie	Obsługa w rękawicach	Łatwość czyszczenia
Nacisk palcem, prostopadłe	Suwak z profilowanymi krawędziami	2	0	0	3	1	1
	Suwak wskazówkowy	4	0	0	3	1	1
	Pierścień pociągany	0	0	0	4	1	1
Nacisk palcem, stycznie	Suwak płaski	2	0	3	0	0	0
	Suwak kształtowy rowkowany	3	0	4	1	0	0
Zaciśnięcie palcami prostopadłe	Suwak profilowany	3	0	0	3	1	1
	Suwak wpuszczany	4	2	4	4	1	0
Zaciśnięcie palcami stycznie	Gałka kulista	1	0	0	0	0	2
	Gałka z wgłębieniem	2	0	1	1	0	2

**CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH
POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)**

Zaciśnięcie ręką, prostopadłe	Suwak z gałką przesuwaną	2	0	0	2	2	2
	Suwak z uchwytem owalnym	2	0	0	1	3	2
Objęcie ręką prostopadłe	Suwak z rękojeściami przesuwными	3	0	0	4	3	3
	Suwak z rękojeściami przesuwными ze zwalnicznym	3	0	4	4	3	3
Objęcie ręką stycznie	Gładka rękojeść cylindryczna pociągana	2	0	0	0	3	3
	Gładką rękojeść stożkową pociągana	2	0	0	1	3	3
	Gładka rękojeść z profilowanymi końcami	2	0	0	2	3	3

Tabela 3-9. Obrótowe ręczne elementy sterownicze – ruchy nieciągłe [9].

Cech uchwyty	Rodzaj elementu sterowniczego	Cechy (wymagania szczegółowe)					
		Sprawdzenie wzrokiem	Sprawdzenie dotykiem	Nieumyślne zadziałanie	Tarcie	Obsługa w rękawicach	Łatwość czyszczenia
Nacisk palcem prostopadłe	Dźwignia palcowa	3	2	0	1	1	0
Nacisk palcem stycznie	Rolka rowkowana na obrzeżu	0	0	2	0	1	0
	Suwak obrotowy	3	1	2	0	1	0
Nacisk ręką prostopadłe	Uchwyt typu dziurkacz	3	1	0	1	4	4
	Dźwignia płaska	3	1	0	1	4	4
	Kłapa wciskana	3	4	0	1	3	2
Zaciśnięcie palcami stycznie	Pokrętko prętowe wpuszczane	4	3	4	3	1	0
	Pokrętko wskaźnikowe	4	4	0	3	4	3
	Łącznik kluczykowy	4	3	1	3	4	3
Zaciśnięcie ręką, prostopadłe	Pokrętko okrągłe radełkowane	3	1	3	2	2	1
	Pokrętko gładkie z kołnierzem	3	0	3	2	2	1
	Pokrętko żłobkowane	0	0	3	3	2	0
Zaciśnięcie ręką prostopadłe	Dźwignia z gałką okrągłą	4	4	1	2	4	4
	Rękojeść teowa	4	3	1	4	4	3

**CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH
POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)**

	Pokrętło wpuszczane	4	3	4	4	4	2
Zaciśnięcie ręką stycznie	Pokrętło ręczne z wieńcem falistym	0	0	2	2	3	0
	Gałka trójkątna	0	0	2	2	3	2
	Pokrętło ośmiokątne z kołnierzem i podkładką	2	0	2	2	3	2
Objęcie ręką prostopadłe	Wybierak dźwigniowy	4	4	1	4	4	4
	Klamka	4	3	1	4	4	4
	Rękojeść drążkowa	3	3	1	4	4	4
Zaciśnięcie ręką stycznie	Rękojeść gładka	0	0	3	2	0	4
	Rękojeść kwadratowa	0	0	3	3	0	4
	Rękojeść drążkowa	0	0	3	2	0	3

Tabela 3-10. Obrotowe ręczne elementy sterownicze – ruchy ciągłe [9].

Cech uchwyty	Rodzaj elementu sterowniczego	Cechy (wymagania szczegółowe)					
		Sprawdzenie wzrokiem	Sprawdzenie dotykiem	Nieumyślne zadziałanie	Tarcie	Obsługa w rękawicach	Łatwość czyszczenia
Nacisk palcem prostopadłe	Pokrętło z wgłębieniem na palec	3	0	3	4	0	2
	Suwak obrotowy	4	3	0	1	0	1
	Pokrętło wskazówkowe	1	3	0	1	1	1
Nacisk palcem stycznie	Kółko pokręcane kciukiem	3	0	3	0	1	1
	Kółko pokręcane palcami	3	0	4	0	0	1
	Kula wodząca	0	0	3	0	0	3
Zaciśnięcie palcami prostopadłe, obrót >180°	Korba pokręcana palcami	0	0	1	2	2	3
	Dźwignia wykorbiona pokręcana palcami	0	0	1	3	3	3
	Gałka okrągła z podziałką i rękojeścią	3	0	1	2	2	3
Zaciśnięcie palcami prostopadłe, obrót >180°	Gałka obracana palcami i kciukiem	3	3	2	2	3	3
	Gałka wpuszczana, obracana palcami i kciukiem	2	3	4	3	1	0
	Element sterowniczy motylkowy	2	3	2	3	3	2

**CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH
POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)**

Zaciśnięcie palcami stycznie	Pokrętko z rowkowanym obrzeżem	0	0	3	2	2	1
	Gałka palcowa zespolona	0	0	3	2	1	1
Zaciśnięcie ręką, prostopadle, obrót >180°	Mała korba z ręczną gałką	0	0	0	2	3	4
	Dźwignia przewijająca	0	0	0	2	3	4
	Koło ręczne z korba	0	0	0	3	4	4
Zaciśnięcie ręką, prostopadle, obrót >180°	Rękojeść teowa	4	3	2	3	3	4
	Gałka trójramienna	3	1	1	4	3	2
	Gałka czteroramienna	3	1	1	4	3	2
Zaciśnięcie ręką stycznie	Pokrętko z radełkowym obrzeżem	0	0	2	2	3	2
	Pokrętko ośmiokątne	0	0	2	2	3	2
	Pokrętko z profilowanym wnętrzem	0	0	2	2	3	2
Objęcie ręką prostopadle, obrót >180°	Korba ręczna	0	0	0	4	4	4
	Kółko ręczne z korba	0	0	0	3	4	4
	Korba chowana	0	0	4	3	4	4
	Rękojeść pałkowa	3	3	2	4	3	3
	Dźwignią ręczna	4	3	0	3	4	4
	Kabestan	3	1	0	3	4	4
Objęcie ręką stycznie	Kółko ręczne gładkie	0	0	1	2	4	3
	Kółko ręczne żłobkowane	0	0	1	1	4	3

W tabeli Tabela 3-11 przedstawiono zalecane wymiary minimalne i maksymalne elementów sterowniczych.

Tabela 3-11. Zalecane wymiary minimalne i maksymalne elementów sterowniczych [9].

Rodzaj chwytu	Część ręki wywierającej siłę	Szerokość lub średnica elementu sterowniczego, r [mm]	Długość elementu sterowniczego wzdłuż osi ruchu lub osi obrotu, s [mm]
Nacisk	Palec	$r \geq 7$	$s \geq 7$
	Kciuk	$r \geq 20$	$s \geq 20$
	Ręka (płasko)	$r \geq 40$	$s \geq 40$
Zaciśnięcie	Palec/kciuk	$7 \leq r \leq 80$	$7 \leq s \leq 80$
	Ręka/kciuk	$15 \leq r \leq 60$	$60 \leq r \leq 100$
Objęcie	Palec/ręka	$15 \leq r \leq 35$	$s \geq 100$

**CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH
POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)**

Podstawowe zasady projektowania urządzeń sterowniczych zostały sformułowane przez McCormicka [19]. Są to:

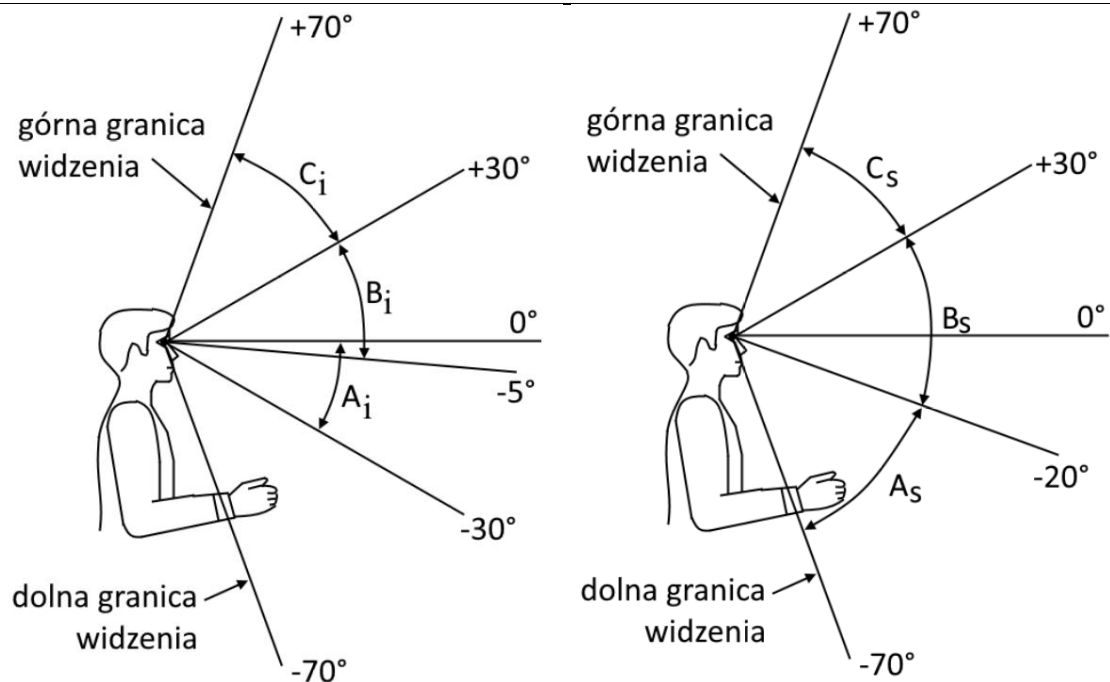
- Zasada spełnianej funkcji - grupowanie urządzeń spełniających wspólne funkcje np. sterowanie gazem i hamulcem w jednym urządzeniu, sterowanie światłami.
- Zasada ważności - grupuje się elementy w grupy funkcyjne np. światła pojazdu, sterowanie gazem i hamulcem.
- Zasada optymalnego umiejscowienia - dostosowania powinny być umieszczone w miejscu wygodnym a przede wszystkim optymalnym z punktu widzenia ergonomii.
- Zasada kolejności użycia - jeśli istnieje zależność kolejności użycia elementów umieszcza się je blisko siebie.
- Zasada częstości użycia - zrealizowane dostosowanie najczęściej używane, powinny być umieszczone w miejscu widocznym i łatwo dostępnym.

Zgodnie z normą EN 894-4:2010 [11] optymalnym położeniem elementów sterowania jest położenie między wysokością łokcia a ramienia. Pozostałym czynnikiem położenia wskaźników i elementów sterowania, zgodnymi z zasadami zdefiniowanymi powyżej, jest uwzględnienie częstości użycia, stopnia ważności, dokładności i kolejności użycia, oraz pozycji roboczych osoby sterującej. Na Rys. 3.17 przedstawiono umiejscowienie stref prezentowania informacji oraz stref sterowania w płaszczyźnie strzałkowej, a na Rys. 3.18 w płaszczyźnie poprzecznej. Zgodnie z normą [11] strefy oznaczone literą A (A_i i A_s) są zalecane i w tych strefach powinny znajdować się elementy wykorzystywane do zadań podstawowych. Są to elementy stosowane w przypadkach:

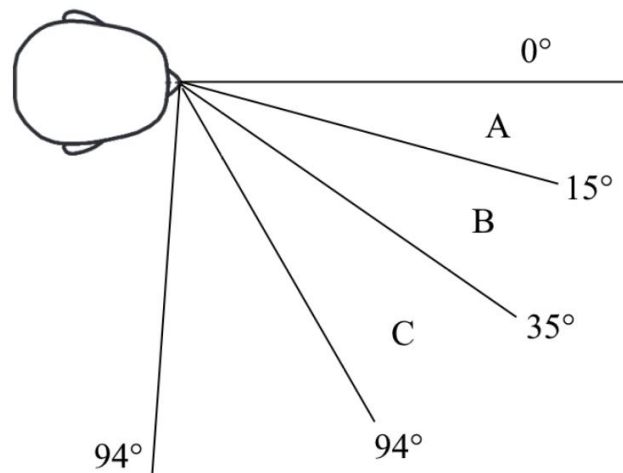
- Najwyższego priorytetu bezpieczeństwa.
- Szybkiego i dokładnego działania lub uruchomienia.
- Ważne do działania wskaźniki lub elementy sterownicze.
- Elementy obserwowane przez długi czas.
- Elementy często uruchamiane.
- Elementy do zadań drugorzędnych, o ile jest wolne miejsce.

Elementy o drugorzędnym stopniu ważności, które są wykorzystywane okresowo powinny znajdować się w strefach B (B_i i B_s). Strefy C są niezalecane. W ich obrębie powinny znajdować się tylko elementy nieistotne, rzadko używane.

CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)



Rys. 3.17. Umieszczenie stref prezentowania informacji (po lewej) oraz stref sterowania (po prawej). A_i , B_i , C_i – oznaczenie kolejnych stref informacji, A_s , B_s , C_s – oznaczenie kolejnych stref sterowania.



Rys. 3.18. Umieszczenie stref prezentowania informacji w płaszczyźnie poprzecznej.

4. Podsumowanie

W opracowaniu przedstawiono główne standardy dotyczące projektowania uniwersalnego indywidualnego środka transportu. Zastosowanie ich w powiązaniu z tablicami antropometrycznymi i zasadami ergonomii pozwoli na opracowanie środków transportu dostosowanych do bardzo szerokiej grupy obiorców niezależnie od ich szczególnych potrzeb i wymagań.

Jednocześnie należy podkreślić, że każda grupa pojazdów, charakteryzująca się inną grupą docelowych odbiorców, innym przeznaczeniem oraz projektowana dla wybranego środowiska, wymaga indywidualnego podejścia i oceny wymagań wynikających z tych czynników. Nie istnieje możliwość zdefiniowania parametrów bardzo szczegółowych, a jednocześnie uniwersalnych dla każdego indywidualnego środka transportu.

Dalsze prace ukierunkowane na uszczegóławianie zasad projektowania uniwersalnego powinny skupiać się na szerokim kontakcie z osobami o szczególnych potrzebach oraz na szeroko zakrojonych badaniach ankietowych, ich celem powinno być dogłębne poznanie potrzeb i oczekiwań wyżej wymienionych osób w odniesieniu do środków transportu indywidualnego.

5. Literatura

- [1] Biała księga. Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu, Bruksela, 2011.
- [2] Branowski B., Zabłocki M., Kurczewski P., Sydor M., A method for modeling the individual convenient zone of a human, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022, 19, 10405.
- [3] Tytyk E., *Projektowanie ergonomiczne*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Poznań, 2001.
- [4] Grabarek I., *Projektowanie ergonomiczne środków transportu miejskiego*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2017.
- [5] Zajac A. P., City accessible for everyone – improving accessibility of public transport using the universal design concept, *Transportation Research Procedia*, 14, 2016.
- [6] Vivek D, *Ergonomics in the automotive design process*, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2012.
- [7] Stasiak-Cieślak B., The method of selecting adaptive devices for the needs of drivers with disabilities, *Open Engineering*, 2022, DOI: 10.1515/eng-2022-0007.
- [8] Wytyczne w zakresie realizacji zasady równości szans i niedyskryminacji, w tym dostępności dla osób z niepełnosprawnościami oraz zasady równości szans kobiet i mężczyzn w ramach funduszy unijnych na lata 2014-2020, Warszawa, 05.04.2018 r.
- [9] Norma EN 894-3:2000+A1:2008 „Bezpieczeństwo maszyn. Wymagania ergonomiczne dotyczące projektowania wskaźników i elementów sterowniczych. Część 3: Elementy sterownicze.
- [10] Norma EN 1005-2+A1 „Bezpieczeństwo maszyn. Możliwości fizyczne człowieka. Część 2: Ręczne przemieszczanie maszyn i ich części”.
- [11] Norma EN 894-4:2010 „Bezpieczeństwo maszyn. Wymagania ergonomiczne dotyczące projektowania wskaźników i elementów sterowniczych. Część 4. Umieszczenie i rozmieszczenie wskaźników i elementów sterowniczych”.
- [12] Jackowski J., Łęgiewicz J., Wieczorek M., „Samochody osobowe i pochodne”, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 2011.
- [13] Bartuzi P., „Ergonomia pracy kierowcy pojazdu ciężkiego”, Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, broszura informacyjna.
- [14] Gedliczka A., „Atlas miar człowieka – dane do projektowania i oceny ergonomicznej, CIOP 2001.
- [15] Jarosz E., „. Determination of the workspace of wheelchair users”, *International Journal of Industrial Ergonomics* 17 (1996) 123-133.



Fundusze Europejskie
Wiedza Edukacja Rozwój



Rzeczpospolita
Polska

Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny



**CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH
POTRZEBACH (POWR.03.05.00-00-CW07/20)**

- [16] Nowak E.: „Antropometria w projektowaniu przestrzeni roboczej dla osób starszych i niepełnosprawnych”, Łódź 2001.
- [17] Jarosz E.: „Dane antropometryczne osób starszych dla potrzeb projektowania”. Prace i materiały Instytutu Wzornictwa Przemysłowego, Warszawa 1998, z. 153.
- [18] Koźma, M., Skitek, P., Sydor, M., 2016. Ergonomiczne kryteria doboru dostosowań pojazdów osobowych dla osób z dysfunkcjami narządów ruchu. Część 2: propozycja algorytmu adaptacji. Transport Samochodowy, 3, 117–126
- [19] McCormick E. J., „Antropotechnika: przystosowanie konstrukcji maszyn i urządzeń do człowieka”. Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1964.