

Politechnika Warszawska

WYDZIAŁ ELEKTRONIKI
I TECHNIK INFORMACYJNYCH



Projekt

na kierunku Inżynieria Internetu Rzeczy

realizowany na przedmiocie Moduły i Systemy Internetu Rzeczy

„SitUp – zadbaj o swoje zdrowie”

Wojciech Hrycenko, Jakub Kołaczyński, Krystian
Mandecki, Jakub Smolaga

Numery albumów: 310946, 311130, 304286, 311143

Konsultacje:

dr inż. Michał Marzęcki

mgr inż. Andrzej Manujło

mgr inż. Tomasz Mrozek

dr inż. Piotr Pałka

Warszawa, 2020

Spis treści

1 Opis.....	3
2 Identyfikacja problemu	3
3 Interesariusze.....	4
4 Persony.....	4
5 Wyzwania i skonkretyzowanie problemu.....	6
6 Analiza źródeł.....	7
7 Ideacja.....	11
8 Początki prototypowania.....	18
9 Drugi etap prototypowania	19
10 Trzeci etap prototypowania.....	19
11 Testy systemu.....	32
12 Wnioski	33
Bibliografia	35
Spis rysunków.....	37

1 Opis

Zadaniem projektowym postawionym przed naszą grupą było zaprojektowanie systemu IoT, związanego z COVID-19, którego zadaniem miała być pomoc w walce lub przeciwdziałanie skutkom panującej pandemii.

2 Identyfikacja problemu

Pierwszą częścią projektu było zidentyfikowanie problemu. Zidentyfikowaliśmy wiele zagrożeń wywołanych przez COVID-19:

1. Transmisja wirusa
 - W centrach handlowych / supermarketach
 - W komunikacji miejskiej, którą ludzie dojeżdżają do:
 - Pracy
 - Kościoła
 - Lekarzy
 - W zakładach pracy
2. Potrzeba kontaktu międzyludzkiego
 - Brak swobodnego dostępu do rozrywki (koncertów, spotkań, wydarzeń)
 - Brak możliwości spotkań w barach / restauracjach
3. Duże obciążenie służby zdrowia
 - Brak wolnych łóżek w szpitalach
 - Problemy w rozdzielaniu pacjentów po szpitalach
 - Zmęczenie pracowników oddziałów zakaźnych
 - Duża liczba pracowników służby zdrowia objętych kwarantanną
4. Ograniczona możliwość wychodzenia z domu
 - Zmniejszona aktywność fizyczna
 - Pogorszone zdrowie psychiczne
 - Znużenie i zmęczenie codzienną rutyną
5. Ograniczona działalność strefy kulturowej i gastronomicznej
 - Problemy finansowe pracowników / właścicieli restauracji, barów, klubów

Po przeanalizowaniu wymienionych zagrożeń ograniczyliśmy obszar naszych działań do dwóch zagrożeń: transmisji wirusa i ograniczonej możliwości wychodzenia z domu

3 Interesariusze

Interesariuszy na których wpłynęła pandemia podzieliłiśmy na dwie grupy:

- Grupy chcące nie stracić / stracić jak najmniej przez pandemię
 - Uczniowie / studenci
 - Osoby przeniesione na pracę zdalną
 - Chorzy lekko/przewlekłe (np. osoby z cukrzycą)
 - Osoby poddane kwarantannie
 - Osoby, które nie są w stanie pracować zdalnie
 - Ludzie robiący zakupy w sklepie (stacjonarnie)
 - Chorzy ciężko
 - Pracownicy medyczni
- Grupy chcące zyskać dzięki pandemii
 - Firmy wysyłkowe
 - Firmy farmaceutyczne
 - Sklepy internetowe

4 Persony

Na rysunku 1 ukazana została persona potencjalnego użytkownika urządzenia.



Jacek

- Wiek – 50 lat
- Pracuje w dużej firmie
- Mieszka wraz z rodziną w Warszawie

Rysunek 1. Pierwsza persona użytkownika (źródło: *shuttershock.com*)

Wpływ pandemii na jego życie:

- Zmienił tryb pracy na zdalny
- Nie widuje się ze znajomymi

- Jest w grupie ryzyka więc chciałby uniknąć zakażenia
- Odnajduje się dość dobrze w czasie pandemii
- Brak kontaktu z ludźmi negatywnie wpływa na jego kondycję psychiczną
- Zaczyna odczuwać ból pleców od zbyt długiego siedzenia przy komputerze
- Jego jedyna aktywność fizyczna to wyjścia do sklepu



Rysunek 2. Druga persona użytkownika
(źródło: shutterstock.com)

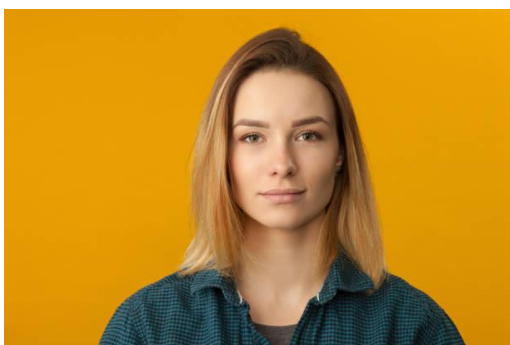
Na rysunku 2 ukazana została persona potencjalnego użytkownika urządzenia.

Krzysiek

- Wiek – 17 lat
- Jest uczniem liceum

Wpływ pandemii na jego życie:

- Uczy się w trybie zdalnym
- Ma problemy z koncentracją podczas zajęć
- Nie ma zajęć WF-u i dużo mniej czasu spędza na aktywności fizycznej
- Brakuje mu spotkań, imprez, koncertów
- Do południa uczestniczy w zdalnych zajęciach na Zoomie
- Po zajęciach spędza resztę dnia grając w gry online



Rysunek 3. Trzecia persona użytkownika
(źródło: shutterstock.com)

Na rysunku 3 ukazana została persona potencjalnej użytkowniczki urządzenia.

Hanna

- Wiek – 22 lat
- Jest studentką wydziału MiNI Politechniki Warszawskiej

Wpływ pandemii na jej życie:

- Uczy się w trybie zdalnym
- Jest zakażona koronawirusem ale przechodzi chorobę bezobjawowo
- Musi zostać w domu i nie może nawet wyjść na spacer z psem

- Poza nauką nie ma innych zajęć i przez to się nudzi
- Większość dnia spędza na zdalnych zajęciach na platformie Microsoft Teams
- Zamiast spotykać się z przyjaciółmi “na żywo”, robi to przez komunikatory internetowe siedząc przed komputerem
- Nie może chodzić na fitness bo zajęcia odwołano
- Jej psa musi wyprowadzać sąsiad, przez co pies jest zły i gorzej się zachowuje

Analizując nasze osoby, doszliśmy do wniosku, że urządzenie musi działać bez ingerencji użytkownika i nie powinno nadwyręzać ich cierpliwości i tak już ograniczonej przez pandemię. Ważnym atutem byłaby bezproblemowa i intuicyjna konfiguracja i przekazywanie istotnych informacji przy pomocy powiadomień na smartphone'a.

5 Wyzwania i skonkretyzowanie problemu

W wyniku syntezy wcześniejszych etapów działania doszliśmy do wniosku, że problemami, które mają szansę być rozwiązane bądź zniwelowane w wyniku implementacji rozwiązań IoT są:

- Brak lub niewielka aktywność fizyczna w czasie pandemii
 - Zdecydowany wzrost czasu spędzanego w pozycji siedzącej
 - Zmniejszenie średniej liczby kroków dziennie
- Nadmierna transmisja wirusa w przestrzeniach zamkniętych
- Samotność i pogorszenie samopoczucia

Na początku rozpatrzyliśmy możliwość przeliczania osób znajdujących się w zamkniętych pomieszczeniach takich jak np.: galerie handlowe, sklepy czy pojazdy komunikacji zbiorowej. Skłoniło nas do tego widoczne łamanie limitów osób na danej przestrzeni widoczne w wyżej wymienionych miejscach. W wyniku analizy możliwości potencjalnych rozwiązań tego problemu doszliśmy do wniosku, że ze względu na częste przemieszczanie się ludzi w 2-3 osobowych grupach, noszenie masek czy np. wchodzenie grupami do wagonów metra czy tramwaju opracowanie skutecznego mechanizmu zliczania osób i ograniczania ich liczby do zgodnej z normami może się okazać ponad możliwości naszej grupy.

Drugim pomysłem było zachęcenie naszych osób do spędzania więcej czasu aktywnie nawet biorąc pod uwagę konieczność pozostania w domu. Każda z nich zmniejszyła swoją aktywność fizyczną często nie zdając sobie sprawy z możliwych konsekwencji zdrowotnych takiego stanu rzeczy. Poza tym spędzają większą ilość czasu siedząc, często wiele godzin bez przerwy.

Ostatecznie zdecydowaliśmy się znaleźć sposób na zapobieganie schorzeniom związanym z siedzącym trybem życia poprzez ograniczenie czasu spędzanego siedząc podczas pracy lub nauki zdalnej.

6 Analiza źródeł

Po skonkretyzowaniu celu przeprowadziliśmy analizę źródeł pod kątem rozwiązań IoT związanych z COVID-19 oraz pod kątem wpływu siedzącego trybu życia na zdrowie człowieka.

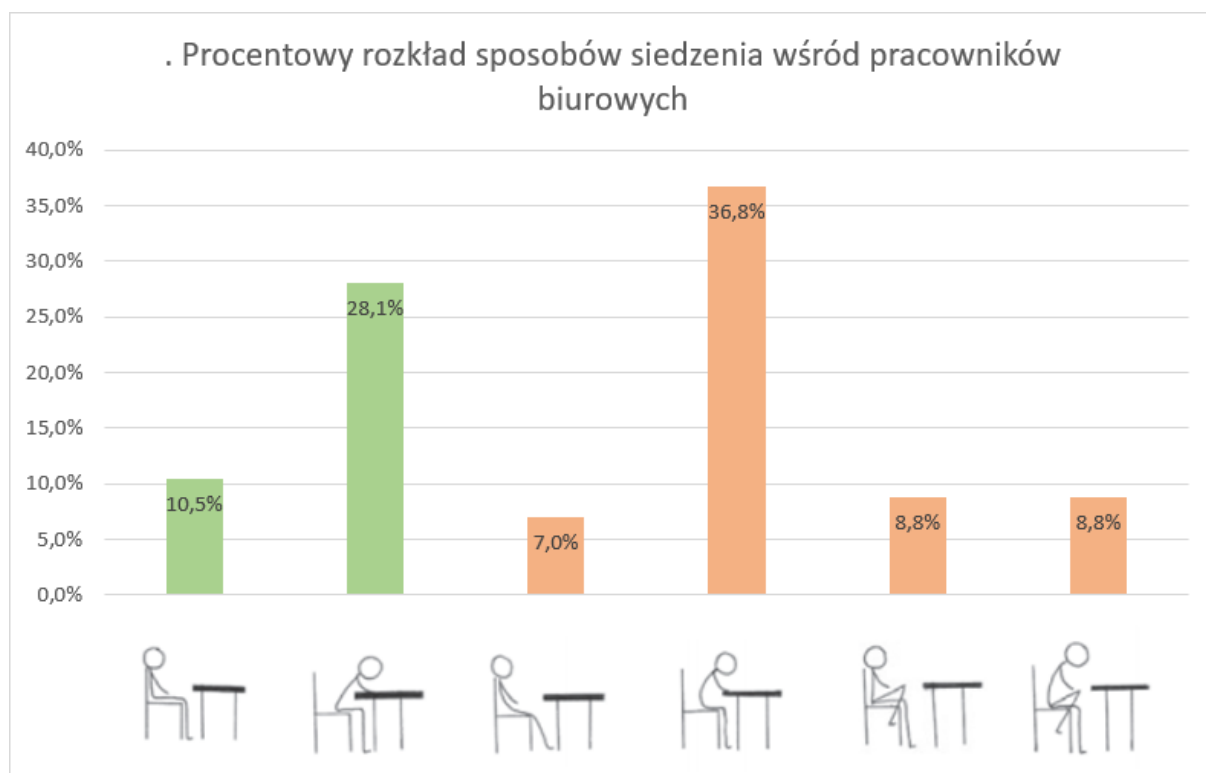
Poszukiwaliśmy informacji w bazie Google Scholar, wśród zasobów elektronicznych Biblioteki Głównej Politechniki Warszawskiej, w artykułach i raportach badawczych min. wśród zbiorów Instytutu Inżynierów Elektryków i Elektroników . Źródła, które okazały się pomocne przy opracowywaniu naszego pomysłu umieściliśmy w dokumentacji projektu.

Widoczny poniżej wykres (rysunek 4) ukazuje częstotliwość występowania LBP (Low Back Pain – ból odcinka lędźwiowego kręgosłupa) wśród pracowników zawodów spędzających ponad połowę czasu pracy w pozycji siedzącej^[12]. Dla znaczącej liczby profesji odsetek osób zmagających się z bólem przekracza 50 %.



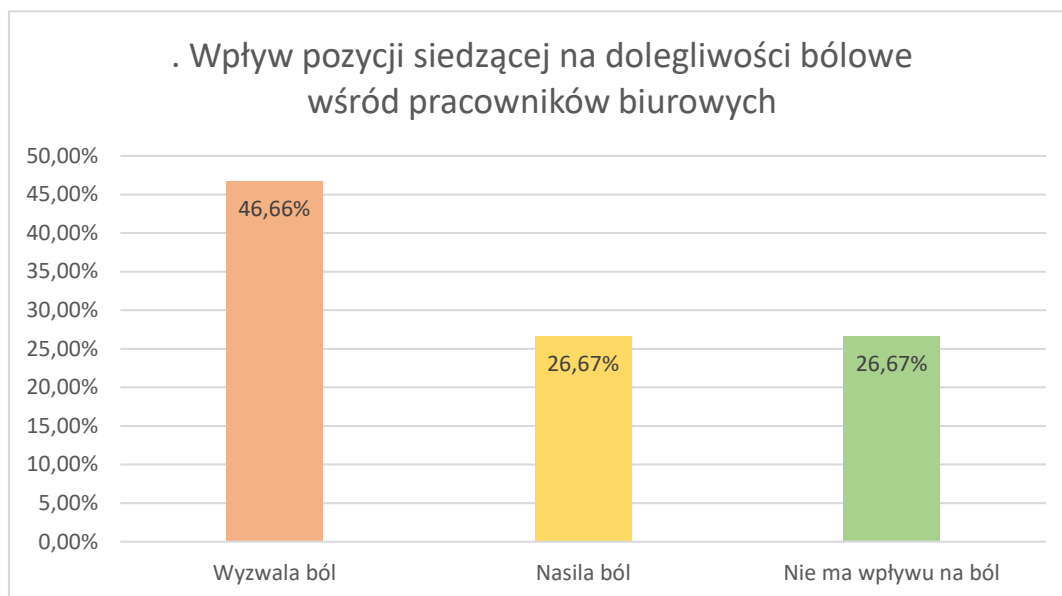
Rysunek 4. Częstotliwość występowania LBP wśród pracowników (źródło: opracowanie własne na podstawie: Lis A.M. i inni, 2006)

Poniższe wykresy (Rysunek 11, Rysunek 12) ukazują rezultaty badania sposobów siedzenia pracowników biurowych przeprowadzonego w latach 2010 – 2011^[10]. Z badania wynika, że 38,6 % pracowników siedzi zazwyczaj w prawidłowej pozycji zaś większość robi to w złej pozycji. Dominuje pozycja zgarbiona z naciskiem jedynie na przednią część siedziska i zgiętym odcinkiem lędźwiowym kręgosłupa.



Rysunek 5. Wykres rozkładu sposobów siedzenia wśród pracowników biurowych (źródło: *opracowanie własne na podstawie: Kaczor S. i inni, 2011, s. 22*)

Zamieszczony poniżej wykres ukazuje wpływ pozycji siedzącej na dolegliwości bólowe wśród pracowników biurowych. Rezultaty pokazują, że u blisko połowy pracowników, którzy wzięli udział w badaniu pozycja siedząca wyzwała ból, zaś u ponad ¼ pracowników siedzenie zwiększa dolegliwości.

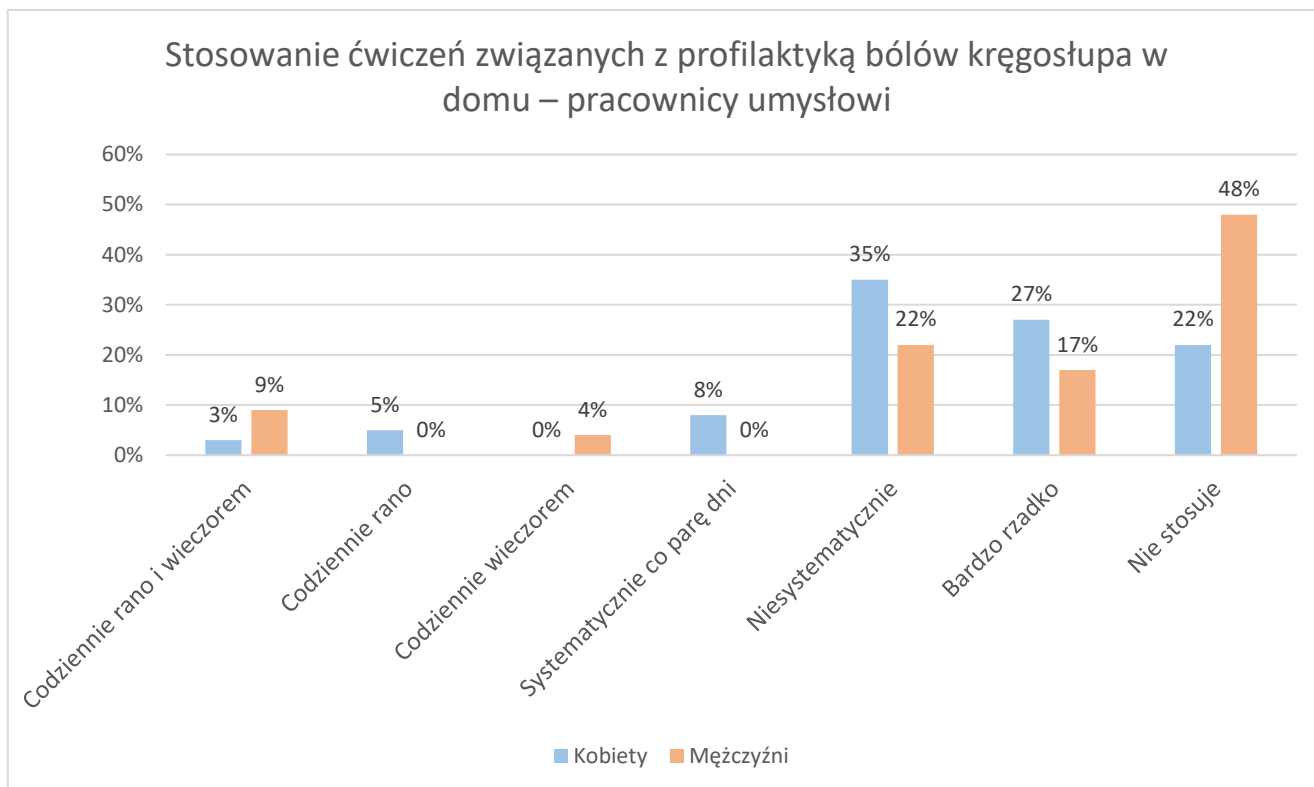


Rysunek 6. Wykres wpływu pozycji siedzącej na dolegliwości pracowników biurowych (źródło: opracowanie własne na podstawie: Kaczor S. i inni, 2011, s. 21)

Długotrwałe utrzymywanie pozycji siedzącej jest związane nie tylko z pracą biurową ale i pracą np. kierujących pojazdami komunikacji miejskiej.

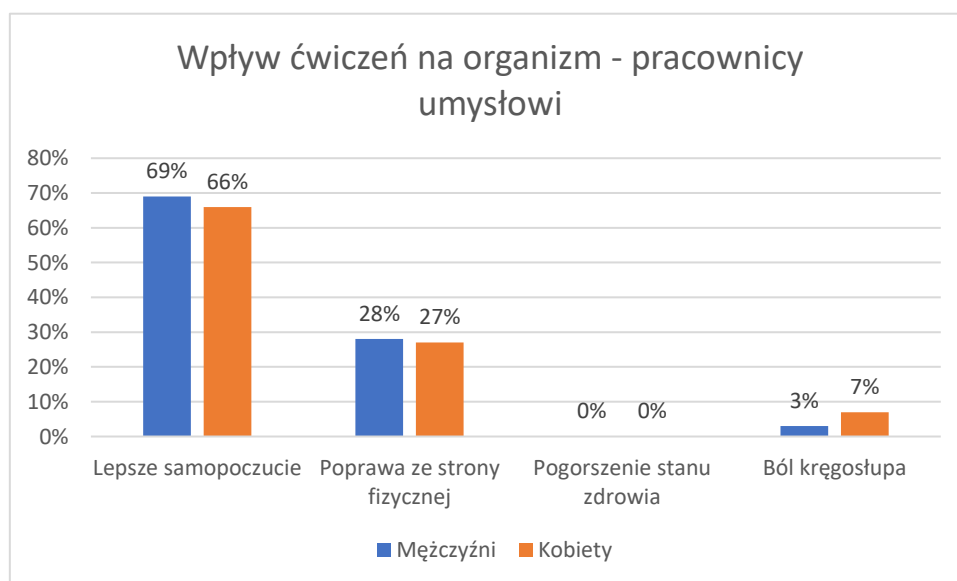
Poniższe wykresy (Rysunek 13, Rysunek 14) ukazują rezultaty badania zespołów bólowych lędźwiowego odcinka kręgosłupa przeprowadzonego w roku 2008 na grupie pracowników spółdzielni mieszkaniowej, szpitala wojewódzkiego, urzędu miasta, szkoły podstawowej, sklepu i firmy budowlanej^[11].

Widoczny poniżej wykres ukazuje częstotliwość stosowania ćwiczeń związanych z profilaktyką bólów kręgosłupa w domu. Zdecydowana większość pracowników albo w ogóle nie wykonuje ćwiczeń profilaktycznych lub robi to nieregularnie i w niewielkim zakresie.



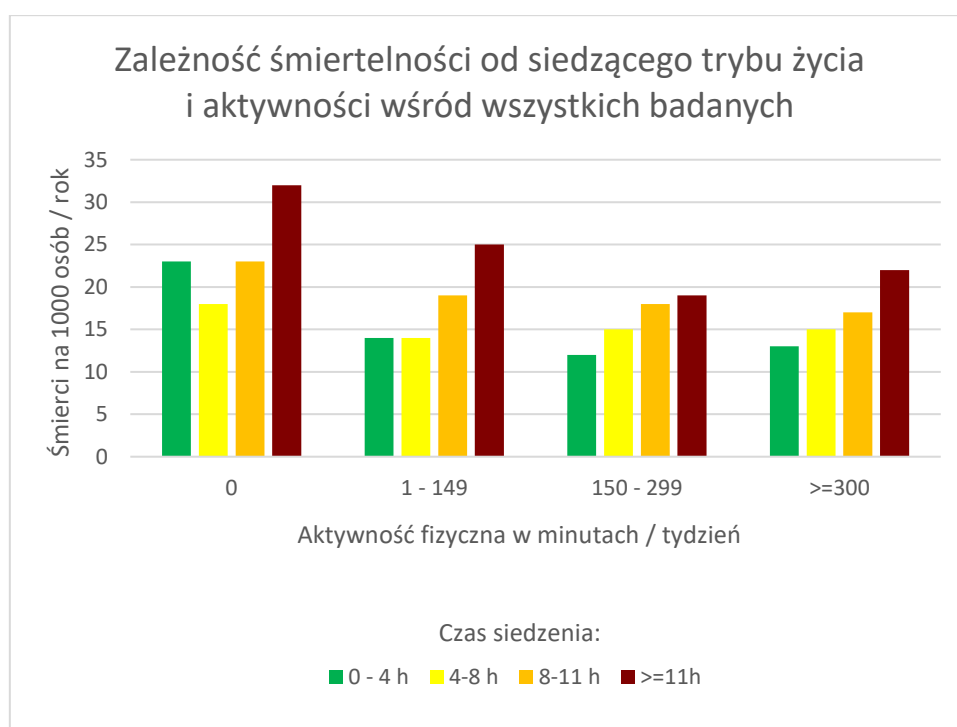
Rysunek 7. Stosowanie ćwiczeń związanych z profilaktyką bólów kręgosłupa w domu (źródło: opracowanie własne na podstawie: Depa A. i inni, 2008, s. 38)

Wśród pracowników wykonujących ćwiczenia widoczna jest zarówno znacząca poprawa samopoczucia jak i poprawa ze strony fizycznej przy niewielkim odsetku negatywnych skutków, co widoczne jest na poniższym rysunku.



Rysunek 8. Wpływ ćwiczeń na organizm – pracownicy umysłowi (źródło: opracowanie własne na podstawie: Depa A. i inni, 2008, s. 38)

Poniższy wykres jest rezultatem badania przeprowadzonego na grupie 222 497 dorosłych Australijczyków w wieku powyżej 45 lat^[9]. Ukazuje on zależność śmiertelności na 1000 osób na rok w zależności od aktywności fizycznej i czasu spędzanego dziennie w pozycji siedzącej. Widoczna jest większa śmiertelność zwłaszcza wśród osób siedzących powyżej 11 godzin dziennie



Rysunek 9. Zależność śmiertelności od siedzącego trybu życia i aktywności wśród wszystkich badanych (źródło: opracowanie własne na podstawie: van der Ploeg i inni, 2012, s. 498)

7 Ideacja

W tym etapie skupiliśmy się na wygenerowaniu jak największej liczby rozwiązań problemu. Rozwiązania te podzieliliśmy następnie na podgrupy z których wybraliśmy grupę docelową.

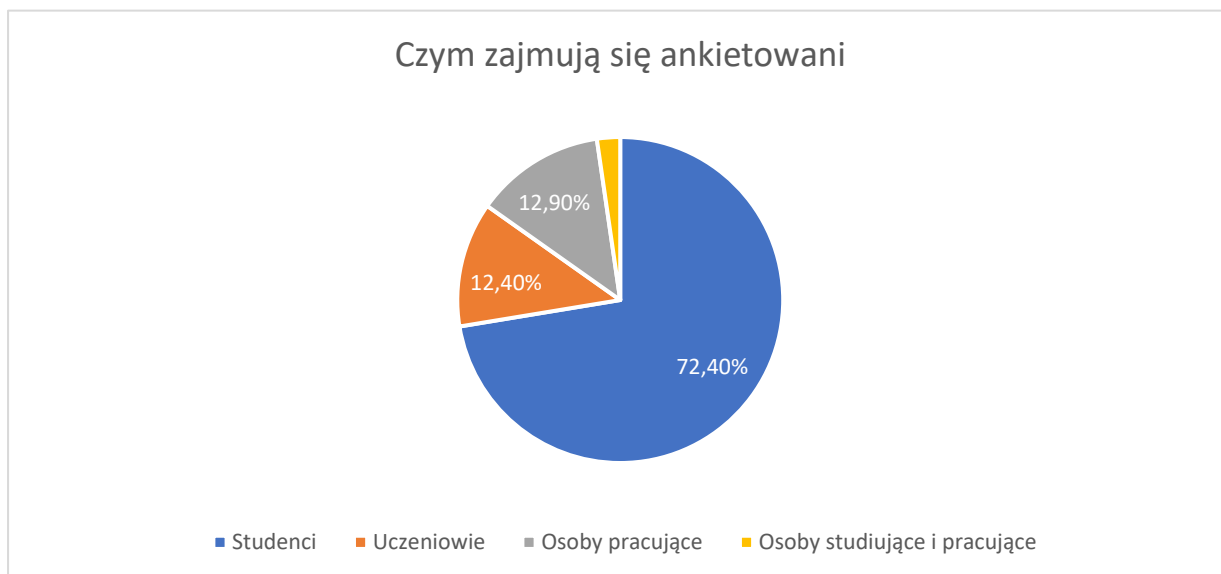
Naszym początkowym założeniem było stworzenie inteligentnej narzuty na siedzenie i oparcie fotela zintegrowanej z aplikacją. Zakładaliśmy, że mata wykrywałaby nacisk na poszczególne części zarówno oparcia jak i siedziska. Odbierane dane miały być przekazywane na serwer a następnie do aplikacji, w której użytkownik miałby dostęp do informacji o czasie spędzonym danego dnia siedząc, o czasie siedzenia bez przerwy i o ewentualnej nieprawidłowej postawie podczas siedzenia. Aplikacja miała ponadto wysyłać powiadomienia użytkownikowi w przypadku długotrwałego siedzenia lub siedzenia w nieprawidłowej pozycji. Poza tym jedną z

najważniejszych funkcji aplikacji miało być proponowanie ćwiczeń wspomagających kręgosłup i plecy. Użytkownik miał mieć możliwość uruchomienia w aplikacji stopera odmierzającego czas na wykonywanie ćwiczeń.

Nasz pierwotny pomysł powstał w oparciu o wyniki wcześniejszych analiz problemu w źródłach naukowych. Po jego opracowaniu przeprowadziliśmy wśród potencjalnych użytkowników naszego urządzenia ankietę dotyczącą siedzącego trybu życia zarówno przed jak i w trakcie pandemii COVID-19 oraz związanych z nim niedogodności. Miała ona na celu poznanie istoty problemów z jakimi spotykają się potencjalni odbiorcy naszego rozwiązania. Mimo już w dużej mierze skonkretyzowanego planu działania zdecydowaliśmy się zapytać ankietowanych o aspekty, które analizowaliśmy w źródłach naukowych aby upewnić się czy nasze działania są słuszne

Poza tym opisaliśmy potencjalny prototyp urządzenia i otrzymane odpowiedzi pozwoliły nam obrać kierunek rozwoju urządzenia zgodnie z zapotrzebowaniami potencjalnych klientów.

W stworzonej przez nas ankiecie wzięło udział 210 osób. Udało nam się dotrzeć głównie do studentów, którzy stanowili 72,4 % ankietowanych, 12,9 % to osoby pracujące, zaś 12,4 % uczniowie, co widoczne jest na poniższym wykresie.



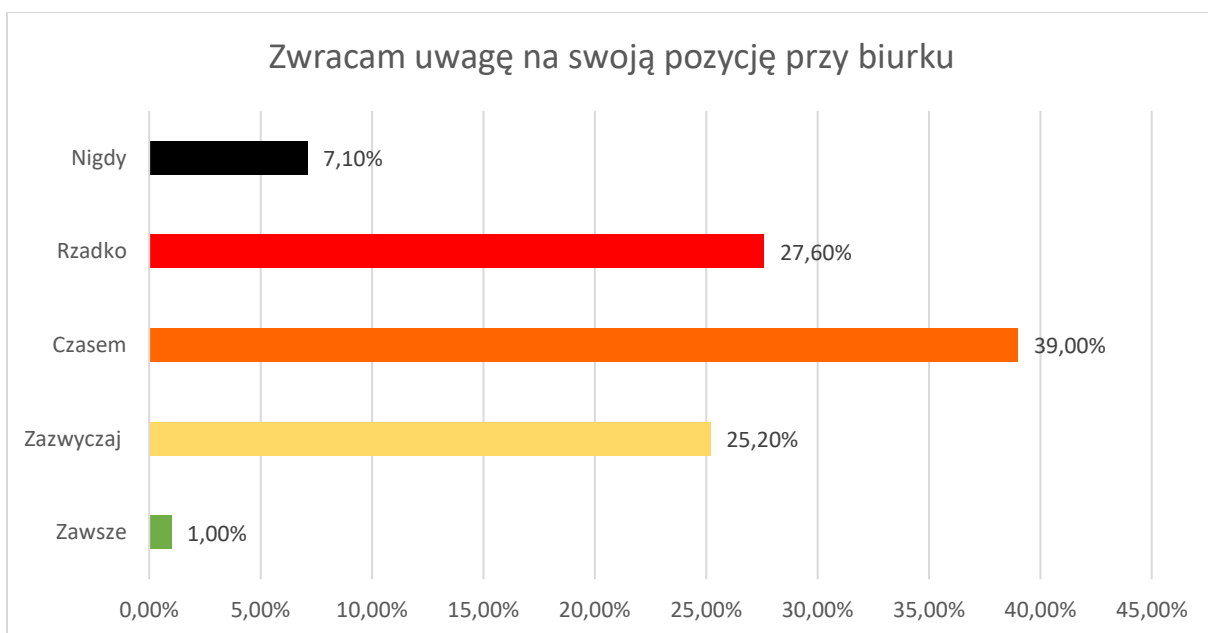
Rysunek 10. Wykres statusu osób ankietowanych (źródło: *opracowanie własne na podstawie przeprowadzonej ankiety*)

Z grupy ankietowanych 96,2 % osób codziennie uczy się lub pracuje w pozycji siedzącej, a czas spędzany w pozycji siedzącej znacząco wzrósł w czasie pandemii.



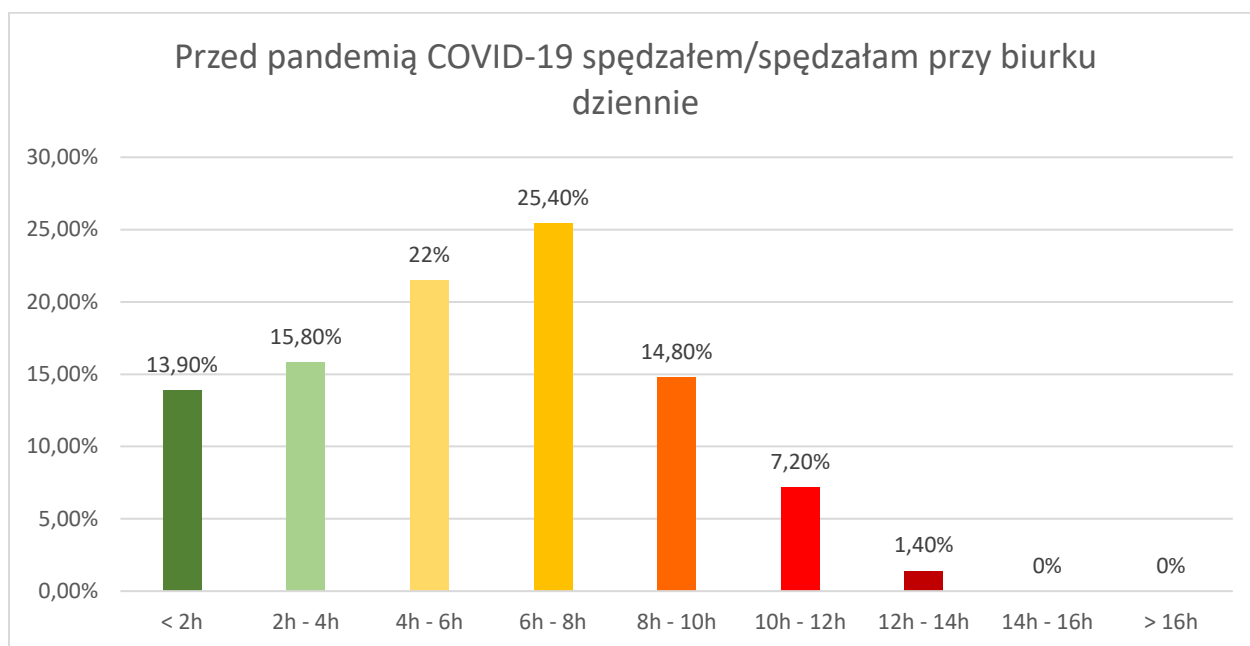
Rysunek 11. Wykres pracy codziennej w pozycji siedzącej (źródło: *opracowanie własne na podstawie przeprowadzonej ankiety*)

Jeżeli chodzi o zwracanie uwagi na pozycję w której się siedzi, ankietowani robią to głównie „czasami” – 39 %, „rzadko” 27,6 % i „zazwyczaj” – 25,2 %.

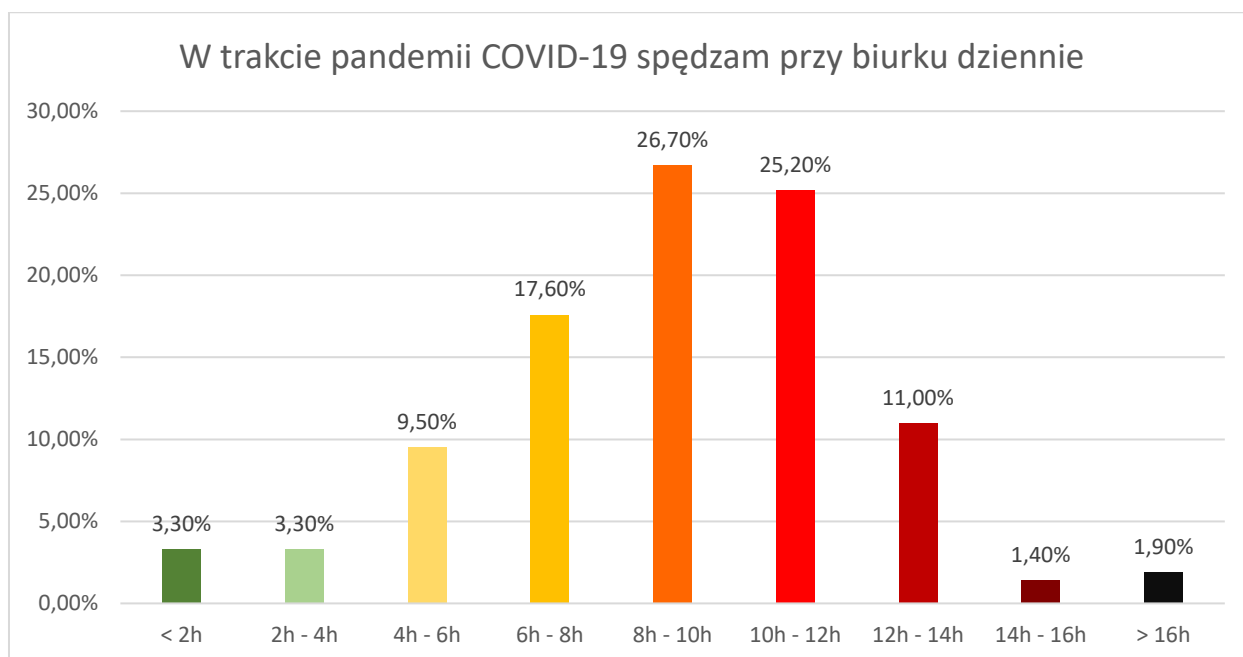


Rysunek 12. Wykres zwracania uwagi na pozycję (źródło: *opracowanie własne na podstawie przeprowadzonej ankiety*)

Porównując przedstawione na poniższych wykresach dane widoczny zdecydowany jest wzrost czasu średnio spędzanego przez ankietowanych przy biurku. Przed pandemią czas spędzany przez ankietowanych przy biurku wynosił 5 godzin 46 minut, zaś w jej trakcie 8 godzin 59 minuty, co oznacza wzrost o ponad 3 godziny.

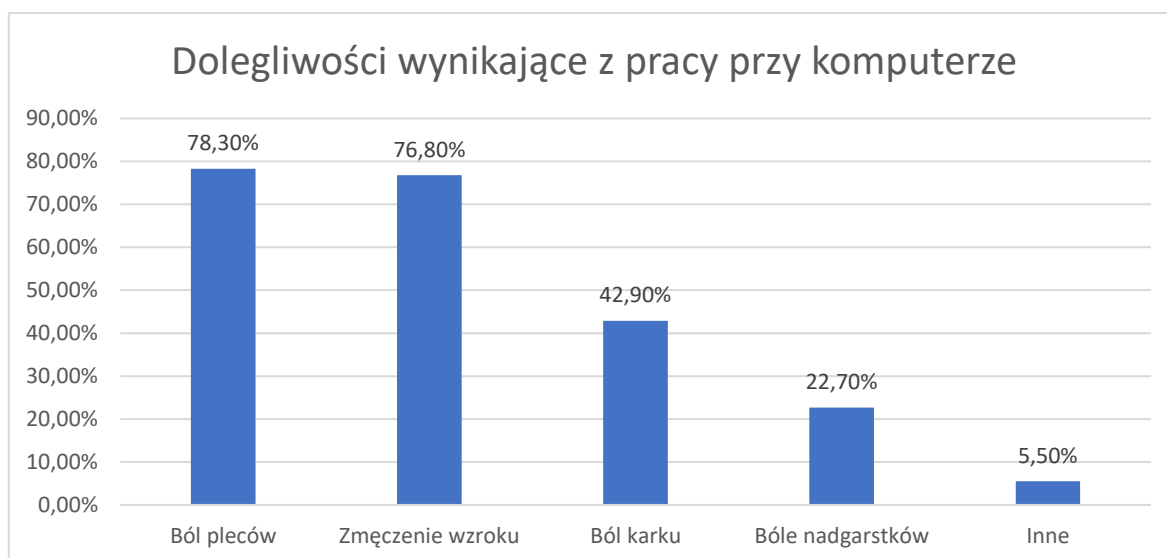


Rysunek 13. Wykres rozkładu czasu spędzanego przez ankietowanych siedząc przed pandemią COVID-19
(źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonej ankiety)



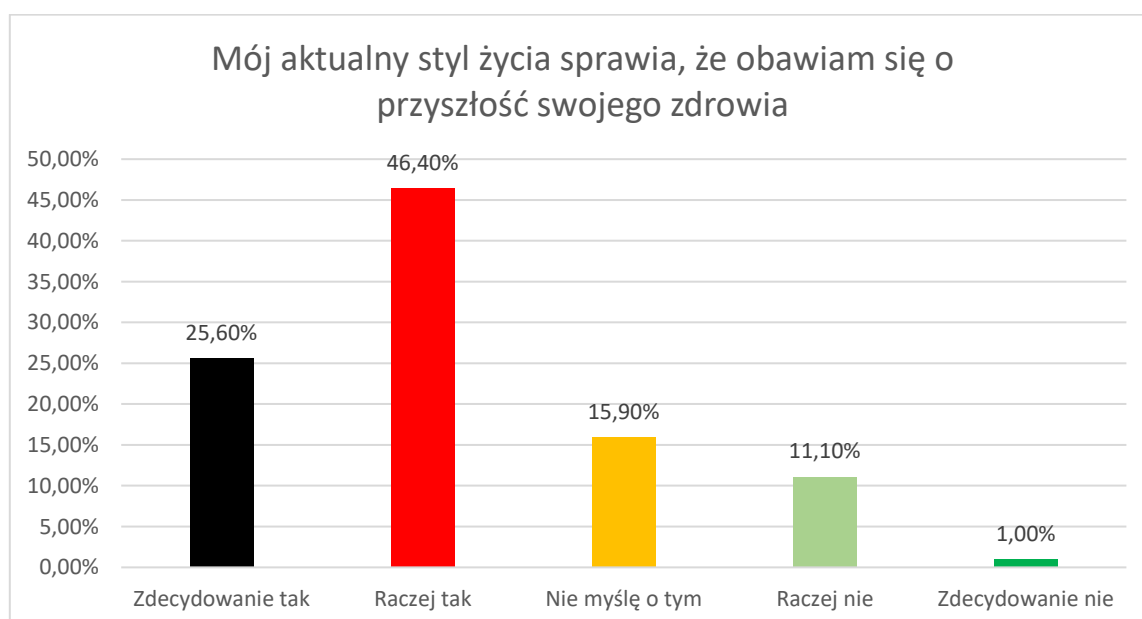
Rysunek 14. Wykres rozkładu czasu spędzanego siedząc w czasie pandemii COVID-19 (źródło: opracowanie
własne na podstawie przeprowadzonej ankiety)

Bólami najczęściej występującymi u ankietowanych w związku z pracą przy komputerze są bóle pleców – 78,3 %, zmęczenie wzroku – 76,8 %, i bóle karku 42,9 %.



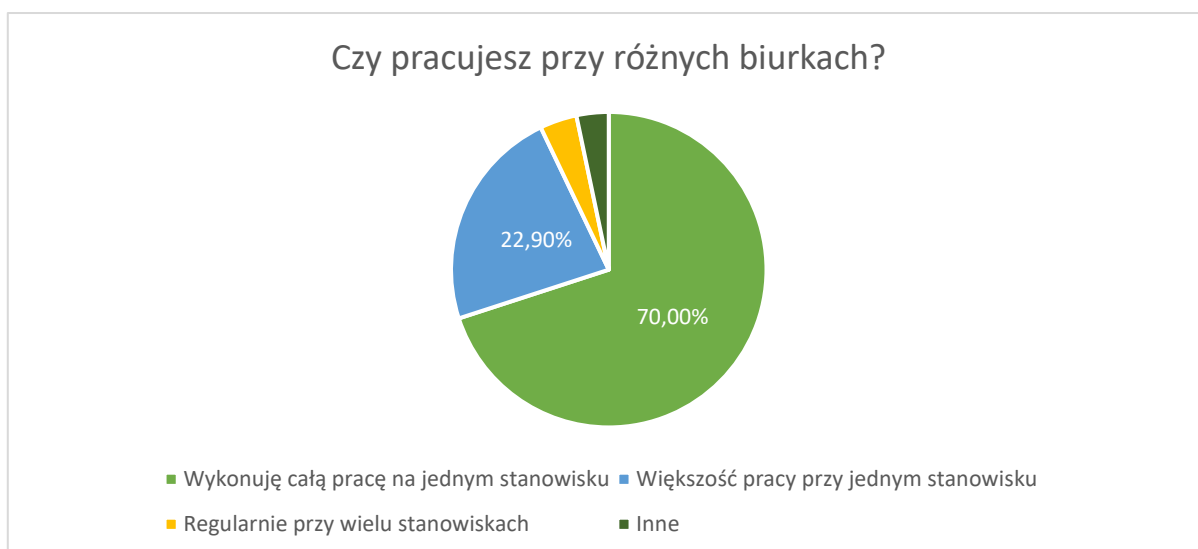
Rysunek 15. Wykres odczuwanych dolegliwości związanych z pracą przy komputerze (źródło: *opracowanie własne na podstawie przeprowadzonej ankiety*)

Poniższy wykres pokazuje, że wśród ankietowanych występuje wysoka obawa o przyszłość ich zdrowia. Blisko 3/4 badanych uważa swój styl życia za możliwy powód ich przyszłych kłopotów ze zdrowiem.



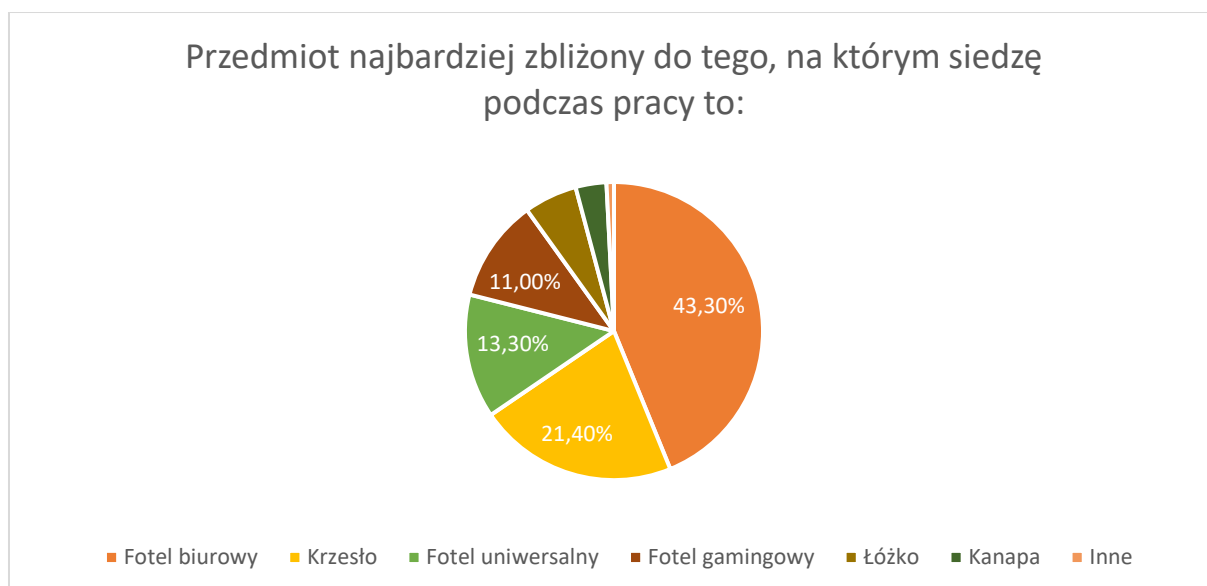
Rysunek 16. Wykres obaw o przyszłość swojego zdrowia wśród ankietowanych (źródło: *opracowanie własne na podstawie przeprowadzonej ankiety*)

Aż 70 % ankietowanych pracuje przy jednym biurku, a 22,9 % wykonuje większość pracy przy jednym stanowisku.



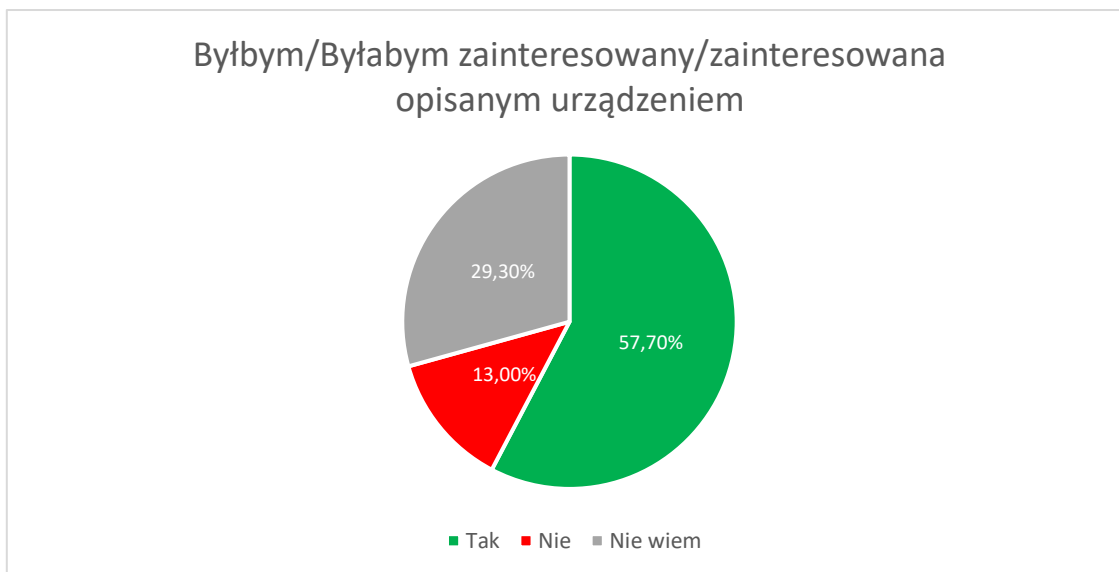
Rysunek 17. Wykres pracy przy różnych biurkach (źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonej ankiety)

Ankietowani siedzą najczęściej na fotelach biurowych (43,3 %), krzesłach (21,4%) i fotelach uniwersalnych (13,3%).



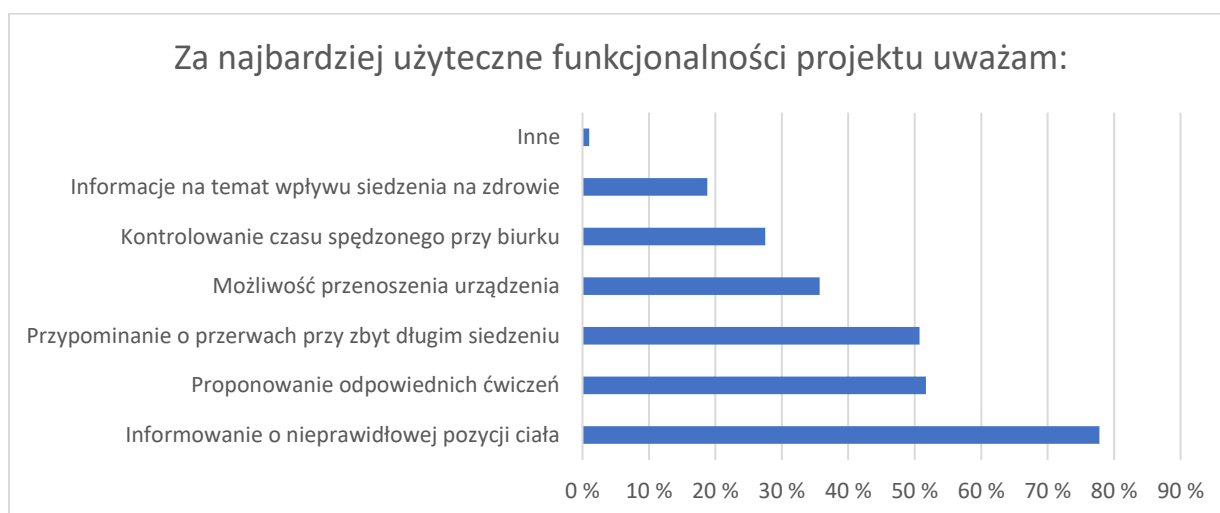
Rysunek 18. Wykres przedmiotów, na których siedzą ankietowani (źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonej ankiety)

Ponad połowa ankietowanych byłaby zainteresowana potencjalnym urządzeniem. Jedynie 13 % ankietowanych nie wykazuje zainteresowania, a blisko 30 % nie ma zdania.



Rysunek 19. Wykres zainteresowania ankietowanych potencjalnym urządzeniem (źródło: *opracowanie własne na podstawie przeprowadzonej ankiety*)

Za najbardziej użyteczne funkcjonalności potencjalnego produktu ankietowani uznali informowanie o nieprawidłowej pozycji (77,8 %), proponowanie odpowiednich ćwiczeń (51,7 %) i przypominanie o przerwach w siedzeniu (50,7 %).

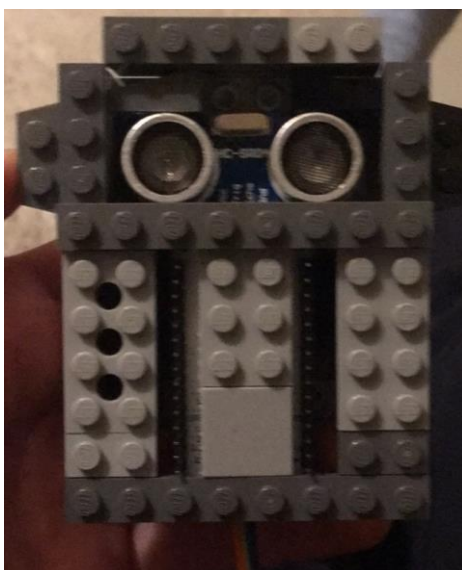


Rysunek 20. Wykres najbardziej użytecznych funkcjonalności potencjalnego urządzenia (źródło: *opracowanie własne na podstawie przeprowadzonej ankiety*)

Podsumowując wyniki ankiety, warto zwrócić uwagę na dużą różnicę pomiędzy czasami spędzonymi w pozycji siedzącej przed i w trakcie pandemii oraz na dolegliwościach powodowanych przez pracę przy komputerze. Dane te pokazują, że jest to poważnym problemem, który musimy do czynienia oraz że pandemia tę sytuację pogarsza. Odpowiedzi ankietowanych na pytania dotyczące potencjalnego urządzenia pozwoliły nam na sprecyzowanie głównych celów do osiągnięcia podczas tworzenia prototypów.

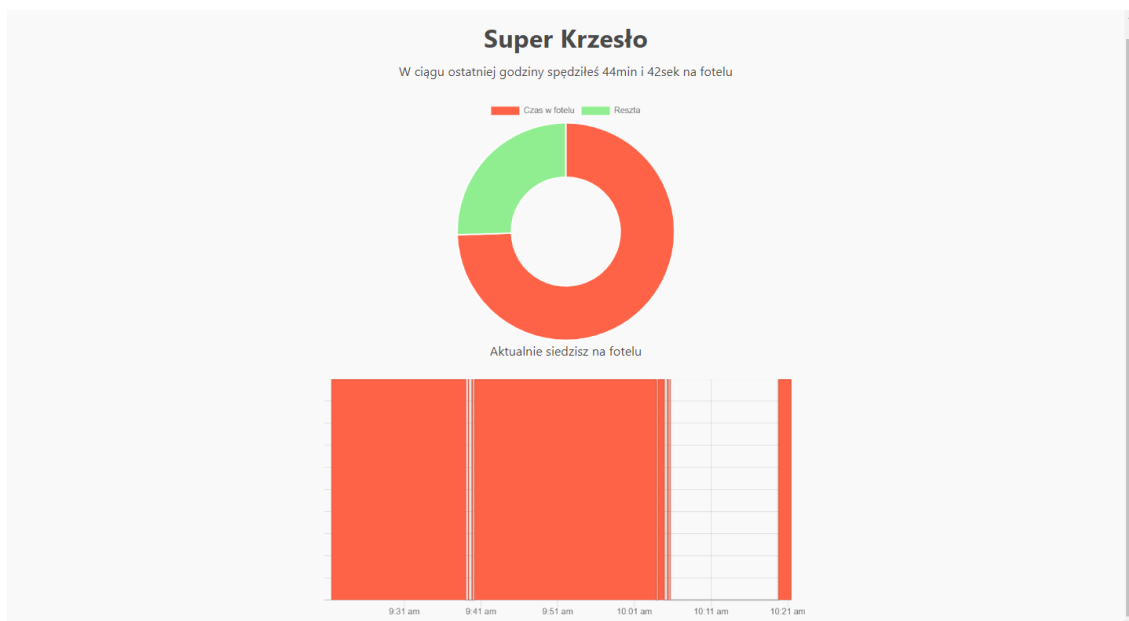
8 Początki prototypowania

Proces prototypowania opierał się na testowaniu układu opartego o płytkę ESP8266 wyposażonego w czujnik odległości HC-SR04. Prototyp ten był montowany do krzesła z czujnikiem HC-SR04 skierowanym w stronę siedzącego na krześle użytkownika i czujnik ten wykrycie obiektu w określonej odległości od czujnika traktował jako początek siedzenia. Układ z czujnikiem odległości jest widoczny na poniższym zdjęciu.



Rysunek 21. Płytkę ESP 8266 z czujnikiem HC-SR04 w obudowie z klocków Lego (źródło: *opracowanie własne*)

Układ łączył się z serwerem za pośrednictwem sieci Wi-Fi i przysyłał informacje o tym czy użytkownik siedzi aktualnie na fotelu. Na stronie internetowej wyświetlane były dane na temat czasu spędzonego na fotelu w ciągu ostatniej godziny. Zdawaliśmy sobie sprawę z wielu niedoskonałości jakie posiadało to rozwiązanie począwszy od skomplikowanego montażu, kończąc na bardzo uproszczonej formie uzyskiwanej informacji. Był to jednak dla nas ważny etap choćby ze względu na zakończone sukcesem próby przesyłania zinterpretowanych danych na serwer.



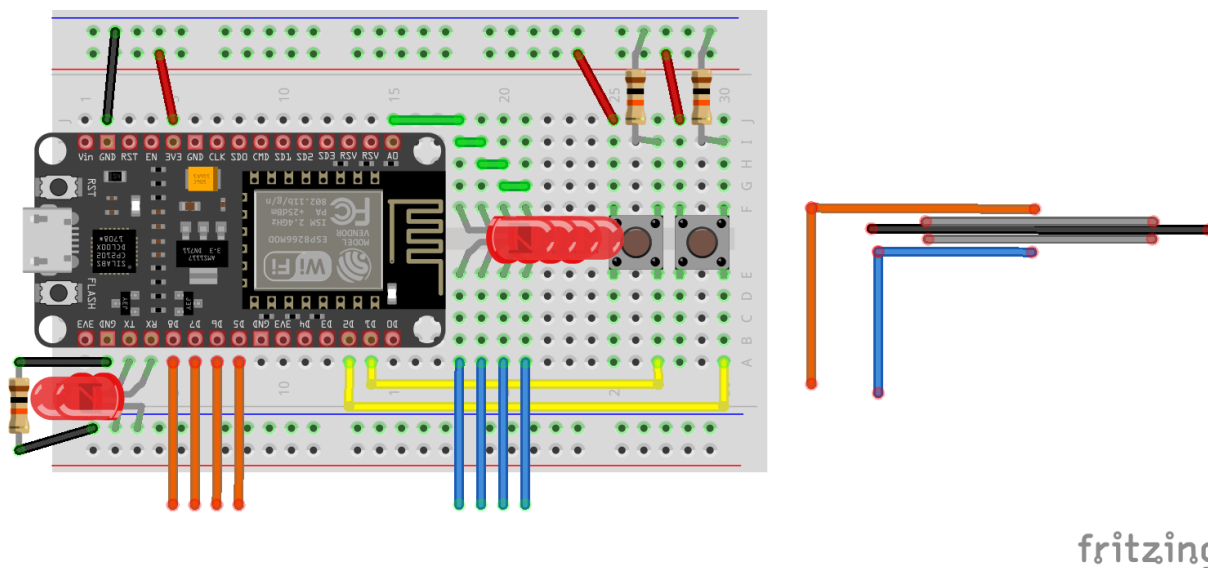
Rysunek 22. Zrzut ekranu z serwera (źródło: *opracowanie własne*)

9 Drugi etap prototypowania

Był to zdecydowanie najtrudniejszy etap projektu, gdyż wymagał podziału zadań a następnie połączenia tworzonych przez nas elementów systemu. Jakub Kołaczyński był odpowiedzialny za sferę hardware czyli stworzenie maty na siedzenie z folii Velostat połączonej z płytką ESP 8266. Jakub Smolaga zajął się stworzeniem serwera przechowującego i przetwarzającego dane otrzymane poprzez komunikację WiFi z płytki ESP 8266. Zadaniem Wojciecha Hrycenko i Krystiana Mandeckiego było stworzenie aplikacji na systemy Android i iOS.

- Wstęp

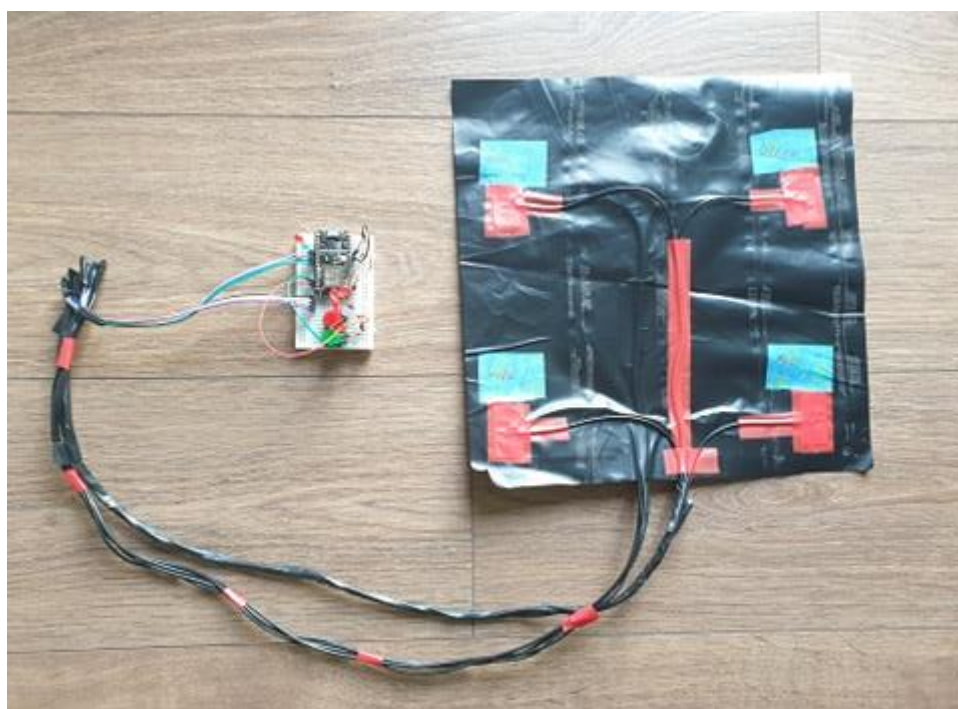
Prototyp składał się z mikrokontrolera ESP 8266 połączonego z matą mierzącą nacisk. Urządzenie mierzyło nacisk na poszczególne partie siedziska i wysyłało znormalizowane dane na serwer.



Rysunek 23 Schemat drugiego prototypu (źródło: *fritzing.com*)

- Mata

Mata była zrobiona z folii Velostat. Materiał ten zmniejsza swoją rezystancję pod wpływem nacisku i zginania. Pomiar oporu odbywa się przy pomocy 4 elektrod przyklejonych po obu stronach maty i przetwornika analogowo cyfrowego w ESP 8266.

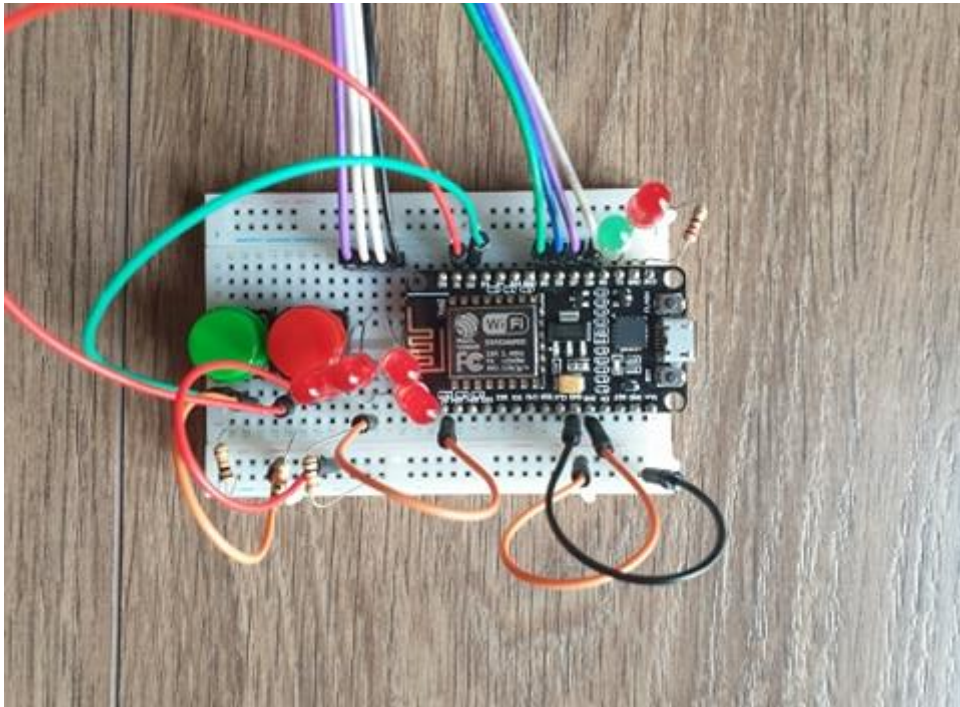


Rysunek 24. Mata wraz z okablowaniem i modulem z płytką ESP8266 (źródło: *opracowanie własne*)

- Kontroler

Pomiar oporu - opór mierzony jest przez przetwornik analogowo cyfrowy na płytce ESP 8266. Problemem było dokonanie pomiaru oporów w wielu miejscach przy pomocy jednego przetwornika analogowo cyfrowego. Rozwiązaniem okazało się użycie oddzielnego źródła napięcia dla każdej elektrody i odizolowanie elektrod od przetwornika diodami.

Ustawiając wysokie napięcie na każdej elektrodzie po kolei, można dokonywać pomiaru na każdej elektrodzie oddzielnie.



Rysunek 25. Płytki prototypowa z podłączonym ESP8266, diodami i przyciskami do kalibracji maty (źródło: opracowanie własne)

Odizolowanie elektrod diodami okazało się niezbędne. W przypadku braku diód, pomiar przetwornika analogowo cyfrowego nie odpowiadał wartości oporu na elektrodach. Pomiary przypominały proporcje pomiędzy wartościami oporów, zamiast wartości poszczególnych oporów.

Objawiało się to:

- Pomiarem ok. 50 na wszystkich elektrodach w przypadku braku nacisku na matę.
- Pomiarem ok. 500 na jednej elektrodzie i ok. 20 na reszcie w przypadku nacisku na jedną elektrodę.
- Pomiarem ok. 70 na wszystkich elektrodach w przypadku równomiernego nacisku na całą matę.

Pomiar wykonywany przez przetwornik analogowo cyfrowy w ESP 8266 wyraża się przez liczbę naturalną z zakresu 0 – 1023.

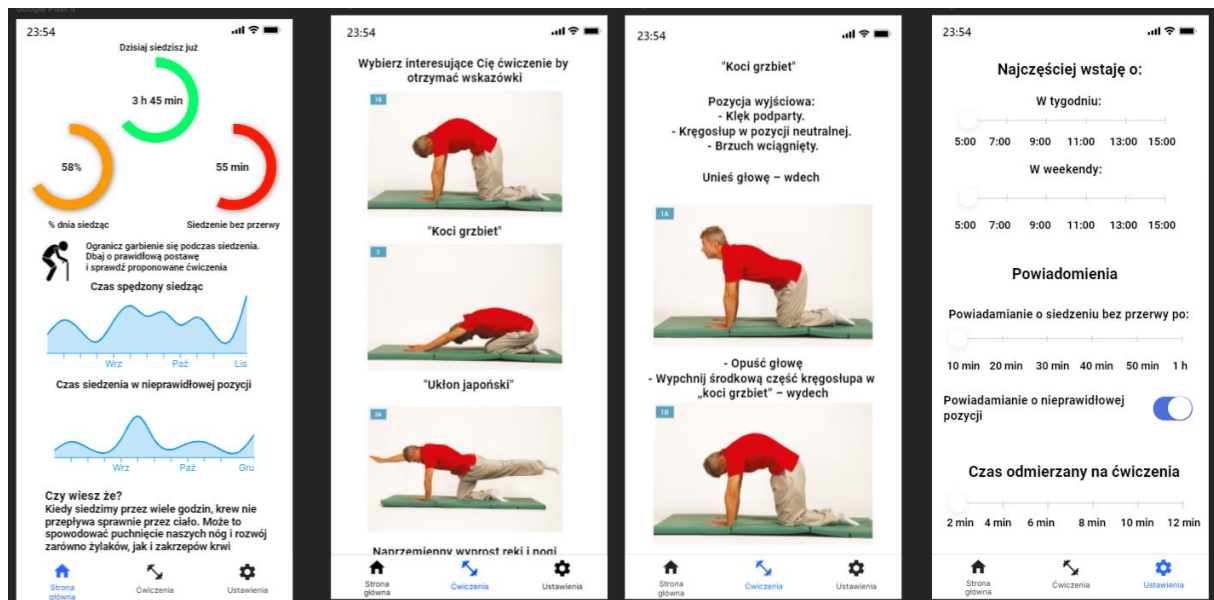
- Kalibracja i normalizacja pomiarów

Kalibracja urządzenia polega na zmierzeniu oporu maty, gdy nic na nią nie naciska oraz gdy znajduje się na niej użytkownik w poprawnej pozycji siedzącej. Odczyt uzyskany przy braku nacisku jest punktem 0 skali znormalizowanej. Odczyt uzyskany przy prawidłowej pozycji siedzącej jest punktem 100 skali znormalizowanej. Dla każdej elektrody wyznaczana jest oddzielna skala.

Na każdy pomiar wysyłany na serwer składa się z 10 pomiarów cząstkowych. Pozwala to na uniknięcie wpływu różnych anomalii na jakość pomiaru.

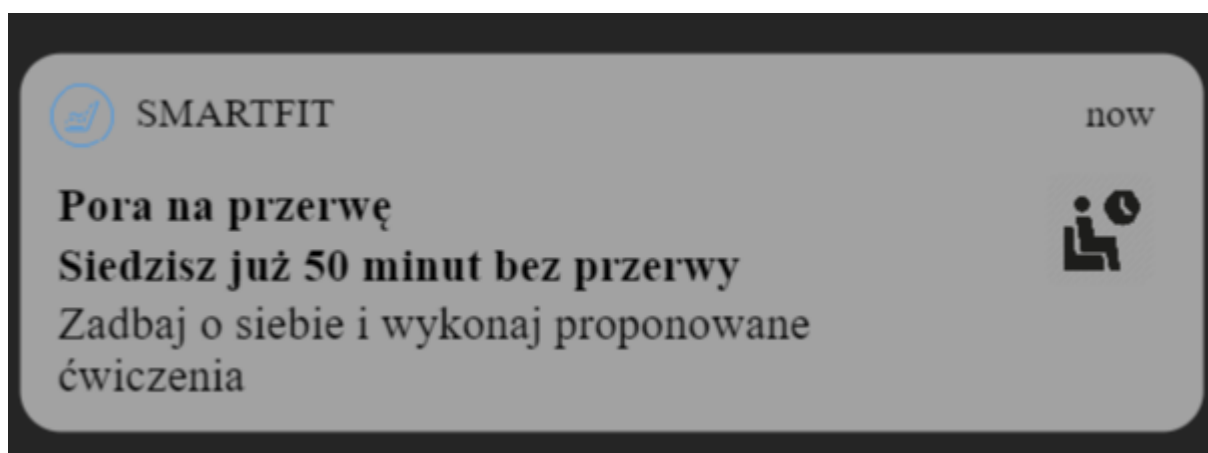
- Aplikacja

Na początku drugiego etapu skupiliśmy się na zaprojektowaniu potencjalnego interfejsu użytkownika w aplikacji, który stworzyliśmy w przeznaczonym do tego celu programie Framer. Jest on widoczny poniżej



Rysunek 26. Potencjalny interfejs użytkownika (źródło: *opracowanie własne w programie Framer, zdjęcia: www.dexak.pl/strefa-pacjenta/zestawy-cwiczen*)

Tworząc pierwotny schemat interfejsu opieraliśmy się zarówno na wynikach ankiety jak i na własnych doświadczeniach związanych z obsługą aplikacji o podobnych zastosowaniach. Zależało nam na praktyczności i czytelnej oprawie graficznej. Chcieliśmy aby kluczowe dla użytkownika dane były dostępne możliwie szybko i intuicyjnie, przez co najważniejsze dane zamierzaliśmy umieścić na wykresach kołowych na górze strony głównej, a dla ćwiczeń chcieliśmy stworzyć oddzielną zakładkę, gdyż jednym z priorytetowych aspektów aplikacji z założenia był ten prozdrowotny.



Rysunek 27. Potencjalny wygląd powiadomienia (źródło: opracowanie własne w programie Framer)

Planowaliśmy również implementację powiadomień informujących o zbyt długim czasie siedzenia bez przerwy. Zdawaliśmy sobie sprawę z faktu, że użytkownik rzadko będzie otwierał aplikację by sprawdzić od jakiego czasu siedzi i aplikacja powinna mu o zbyt długim czasie siedzenia przypomnieć.

Po stworzeniu projektu interfejsu zaczęliśmy rozważania nad doбором platformy do tworzenia aplikacji mobilnej. Zależało nam na możliwości stworzenia programu działającego zarówno na urządzeniach z systemem Android jak i z iOS. Ze względu na brak doświadczenia w tworzeniu aplikacji nie byliśmy pewni, które środowisko będzie najlepszym wyborem dla naszej grupy. Dzięki sugestiom opiekuna naszej grupy dr. Tomasza Mrozka zdecydowaliśmy się na tworzenie aplikacji przy pomocy oprogramowania Flutter. Jest to narzędzie stworzone przez Google pozwalające tworzyć aplikacje na oba kluczowe dla nas systemy, które są kompatybilne również z ich starszymi wersjami. Językiem programowania który stosowaliśmy podczas tworzenia aplikacji był Dart.

Ze względu na zdalny tryb pracy oraz możliwość zapisywania postępów prac oraz tworzenia gałęzi projektu zdecydowaliśmy się na pracę z użyciem rozproszonego systemu kontroli wersji Git, korzystając z serwisu GitHub.

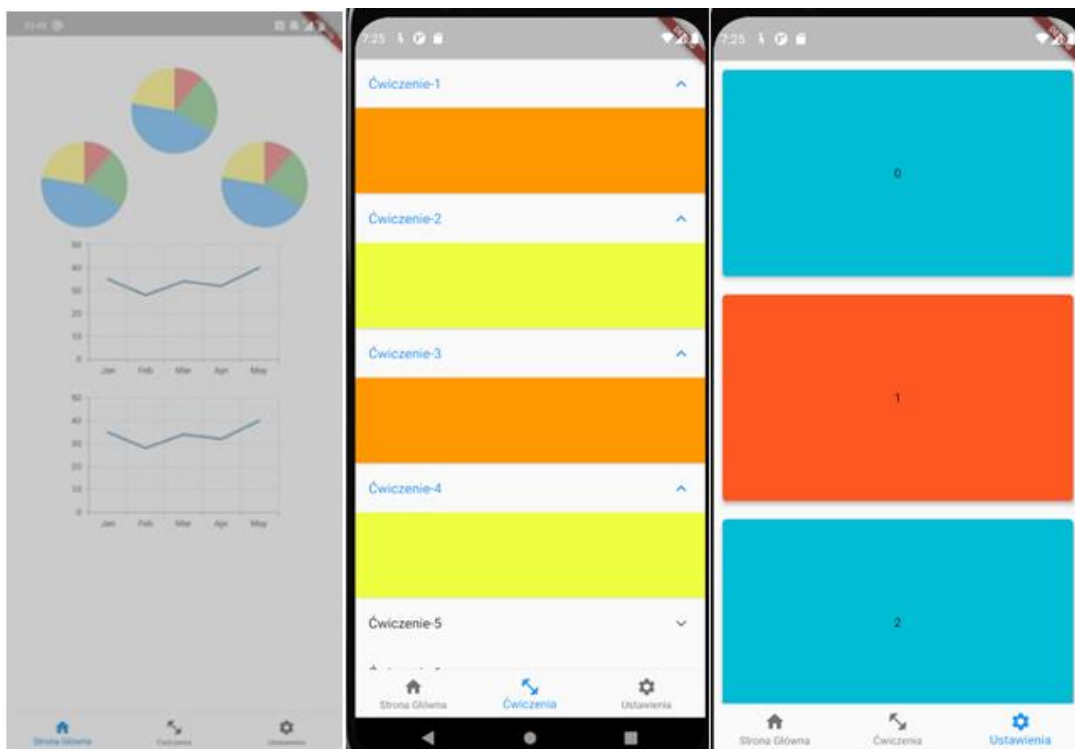
W pierwszej fazie tworzenia aplikacji skupiliśmy się na zaimplementowaniu stworzonego wcześniej interfejsu graficznego. Ze względu na to, że były to nasze początki z Flutterem, napotykalismy na pewne trudności jak np. dopasowanie aplikacji do ekranu dla każdego urządzenia, czy tworzenie wykresów, jednak udało nam się te problemy rozwiązać. Poniższe zrzuty ekranu ukazują kolejne etapy rozwoju aplikacji.

Tworzenie aplikacji rozpoczęliśmy od utworzenia prostego interfejsu z przyciskiem którego klikanie zwiększało wyświetlaną na ekranie liczbę.



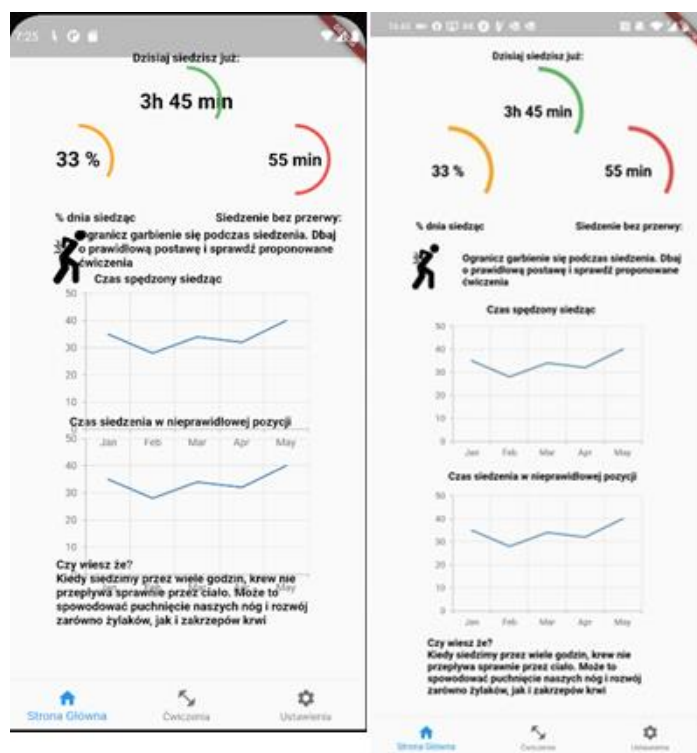
Rysunek 26. Zrzut ekranu pierwszej wersji aplikacji (źródło: *opracowanie własne*)

Widoczna na poniższych zrzutach ekranu kolejna wersja aplikacji zawierała już w sobie pierwsze wykresy kołowe i liniowe na stronie głównej, listę rozwijalnych elementów w zakładce Ćwiczenia oraz przewijaną listę widżetów w zakładce Ustawienia

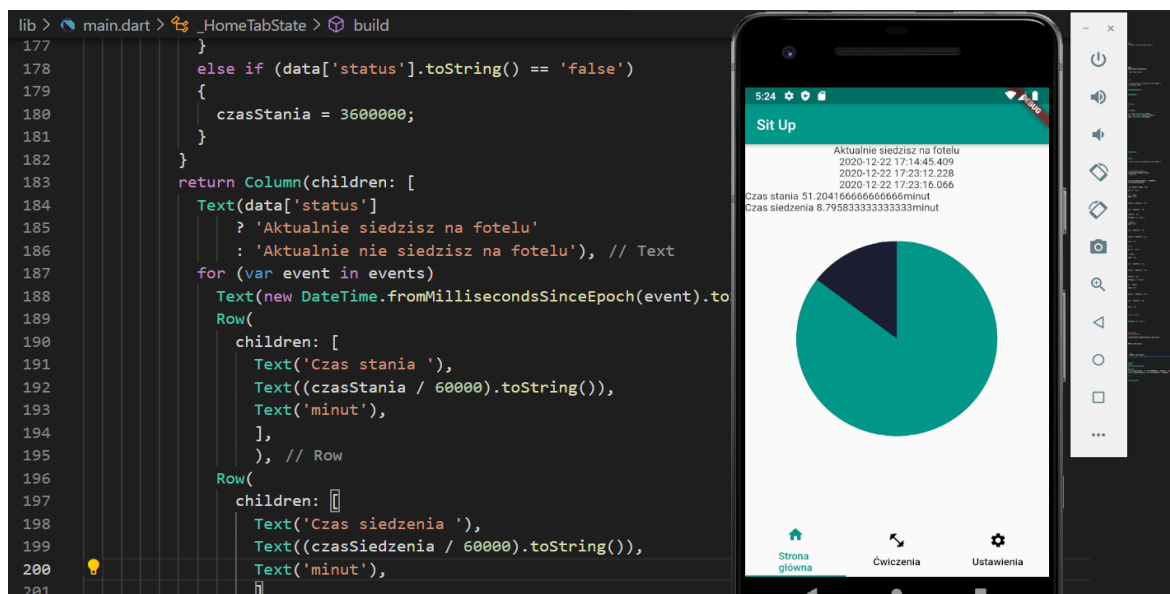


Rysunek 27. Zrzut ekranu drugiej wersji aplikacji (źródło: *opracowanie własne*)

Początkowo aplikację uruchamialiśmy jedynie na emulatorze jednego konkretnego urządzenia (Google Pixel 4 XL) i nie byliśmy świadomi, że na innych urządzeniach położenie poszczególnych elementów interfejsu będzie nieprawidłowe, co widoczne jest na powyższym zrzucie ekranu. Położenie widżetów ustawialiśmy poprzez przesuwanie o konkretną liczbę pikseli względem środka ekranu. Zmieniliśmy ten sposób na rozlokowywanie elementów względem danych kierunków np.: centerLeft. Po gruntownym przebudowaniu kodu aplikacji udało się nam osiągnąć optymalny wygląd aplikacji niezależnie od urządzenia. Na poniższym zrzucie widoczne jest porównanie wyglądu aplikacji przed i po zmianie kodu.



Rysunek 28. Porównanie zrzutów ekranu (źródło: *opracowanie własne*)

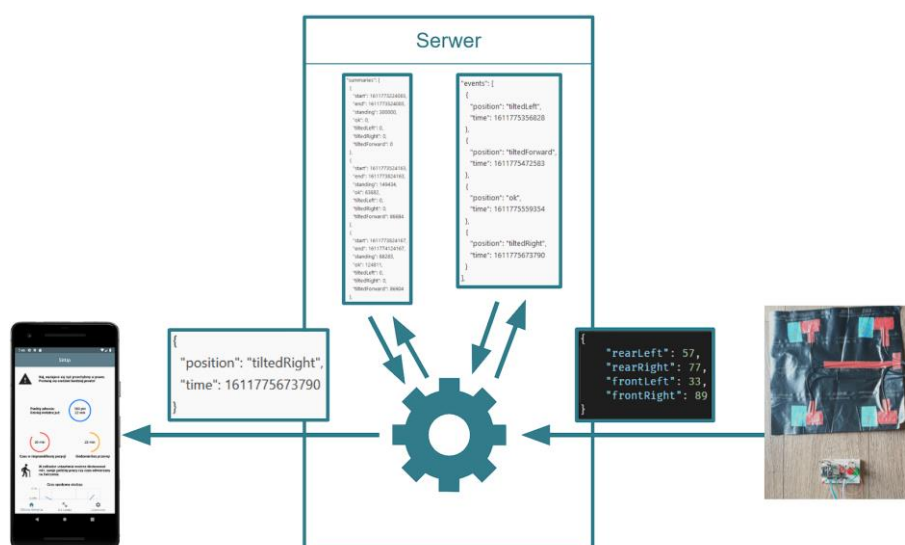


Rysunek 29. Zrzut ekranu i fragment kodu (źródło: *opracowanie własne*)

Równolegle z tworzeniem interfejsu, staraliśmy się połączyć aplikację z serwerem, z którego aplikacja przyjmowała dane o zmianie statusu siedzenia i o czasie w którym ta zmiana nastąpiła. Zaimplementowany algorytm wewnątrz aplikacji pozwalał na wyznaczenie jak długo użytkownik siedział w ciągu ostatniej godziny. Przetworzone dane następnie były przedstawiane na wykresie. Udało nam się również wprowadzić system powiadamiania użytkownika o zbyt długim czasie siedzenia przy pomocy powiadomień lokalnych.

10 Trzeci etap prototypowania

Na poniższym rysunku widoczny jest ostateczny schemat systemu.



Rysunek 30. Schemat działania ostatecznego prototypu (źródło: *opracowanie własne*)

- **Aplikacja**

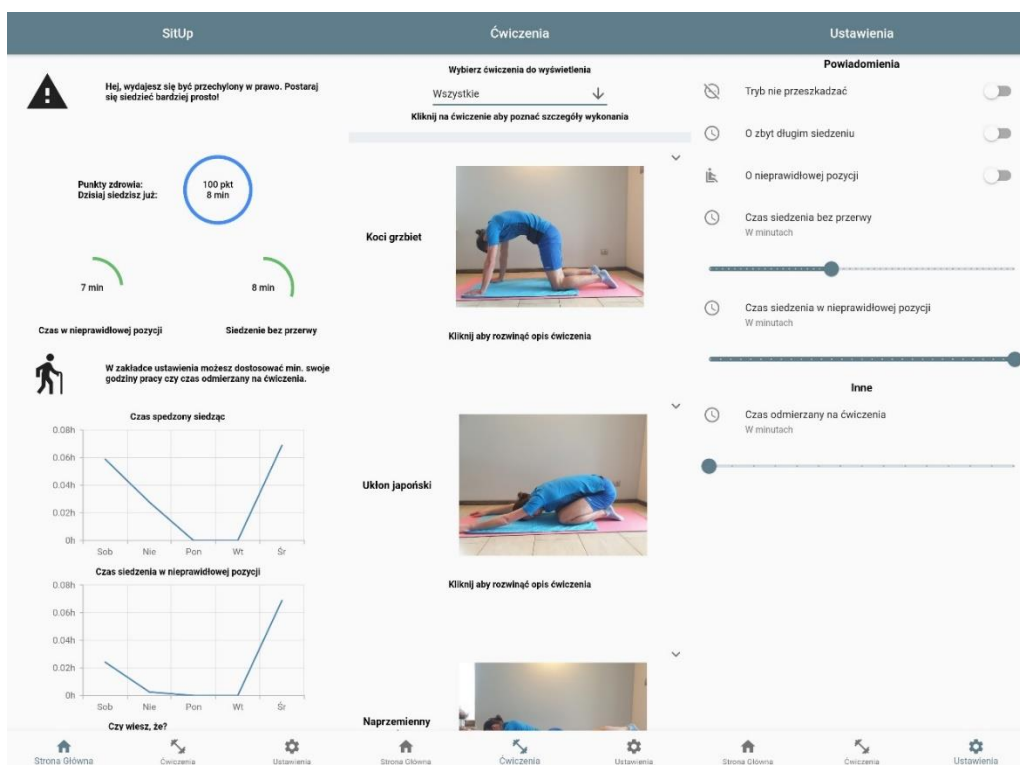
W kolejnych wersjach aplikacji skupialiśmy się na dodawaniu kolejnych funkcji. W sekcji ustawień zdecydowaliśmy się na zaimplementowanie przełączników i suwaków do wyboru preferencji użytkownika. W stosunku do pierwotnego planu zmieniliśmy możliwe do ustawienia parametry, gdyż po analizie uznaliśmy, że mechanizm liczenia procentu czasu spędzonego w pozycji siedzącej od godziny wstania będzie nieskuteczny, więc w miejsce możliwości ustawienia godziny wstawania zaimplementowaliśmy tryb „nie przeszkadzać” przy którym wszystkie powiadomienia zostają wyłączone oraz możliwość ustawienia czasu po którym użytkownik chce otrzymać powiadomienie o siedzeniu w nieprawidłowej pozycji.

Jeżeli chodzi o stronę z ćwiczeniami zdecydowaliśmy się dodać możliwość wyboru typu ćwiczeń, które użytkownik chce wyświetlać (możliwe opcje: wszystkie, rozluźniające kręgosłup, wzmacniające odcinek lędźwiowy, wspierające odcinek szyjny). Ćwiczenia są wyświetlane w formie przesuwanej listy (ListView), każde z nich można rozwinąć klikając na zdjęcie aby poznać sposób wykonania. Po rozwinięciu widoczny jest również stoper odmierzający czas na wykonanie ćwiczenia, który posiada funkcje stop i pauza. Dodaliśmy również zrobione przez Jakuba Kołaczyńskiego zdjęcia ilustrujące sposób wykonywania ćwiczeń.

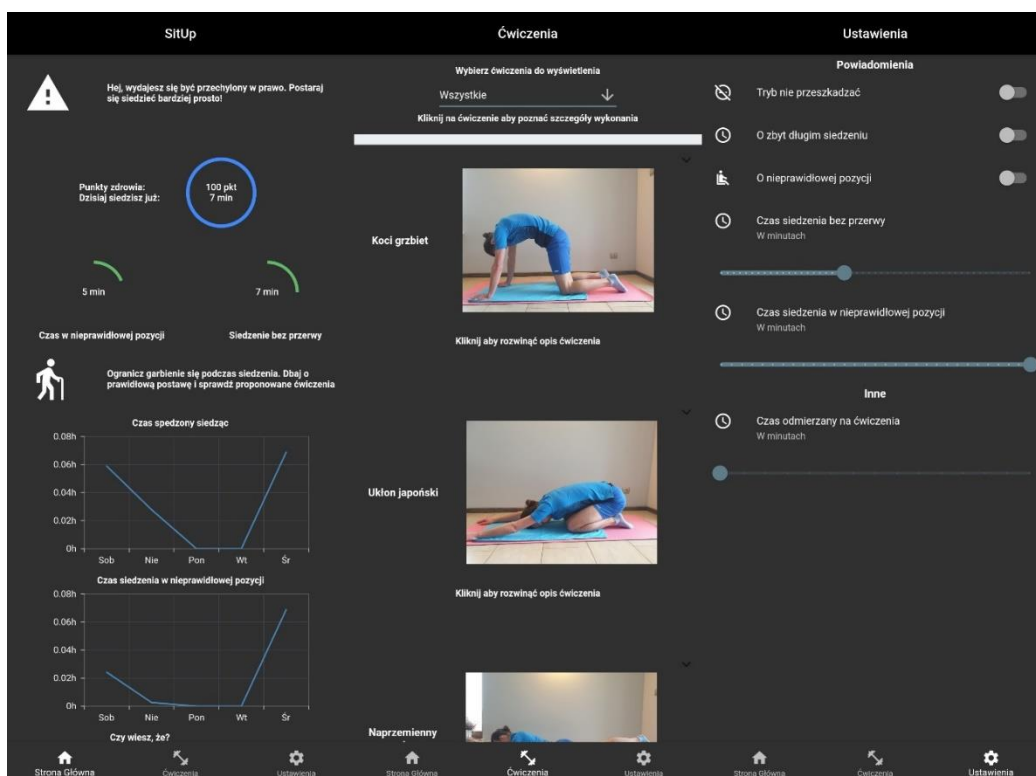
Jeżeli chodzi o stronę główną zaimplementowaliśmy wyświetlający się w przypadku siedzenia w nieprawidłowej pozycji komunikat, dodaliśmy losowanie ciekawostek i ważnych porad wyświetlanych w aplikacji oraz opcję przesuwania do góry aby odświeżyć. Dopracowywaliśmy również wykresy min. ustawiając wyświetlanie danych na wykresie z ostatnich pięciu dni

W całej aplikacji zaimplementowaliśmy dopasowywanie motywu do motywu systemu operacyjnego (tryby ciemny i jasny). Dodaliśmy również powiadomienia o zbyt długim czasie siedzenia i o siedzeniu w nieprawidłowej pozycji.

Poza tym zdecydowaliśmy się na utworzenie mechanizmu punktów zdrowia w aplikacji, które są odejmowane za zbyt długie siedzenie non stop i siedzenie w nieprawidłowej pozycji, a dodawane za wykonywanie ćwiczeń.



Rysunek 31 Interfejs aplikacji w trybie jasnym (źródło: *opracowanie własne*)



Rysunek 33 Interfejs aplikacji w trybie ciemnym (źródło: *opracowanie własne*)

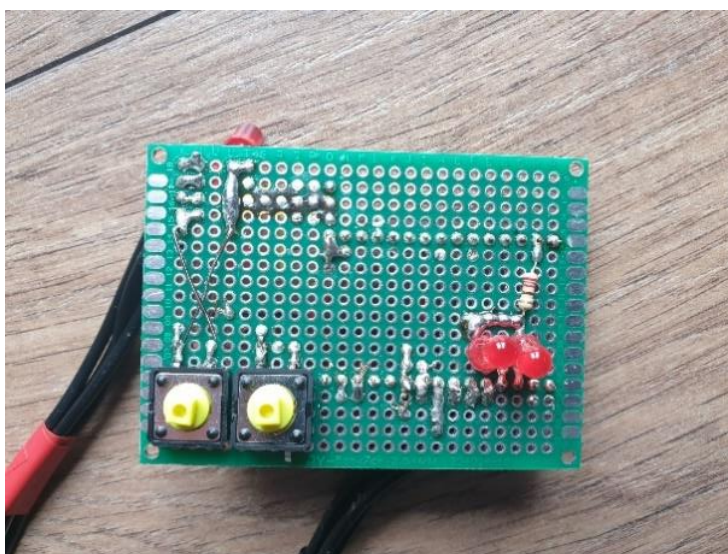
Hardware

- Wstęp

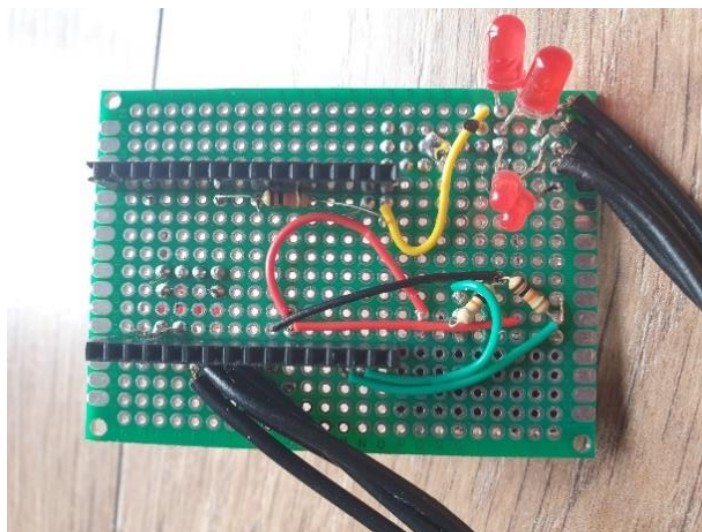
W tej iteracji główną zmianą było przełożenie prototypu z płytki stykowej na uniwersalną płytkę prototypową. I stworzenie estetycznej obudowy. Oprogramowanie i działanie urządzenia pozostało bez znaczących zmian.

- Płytki stykowe

Próba 1 - Pierwsza próba przeniesienia prototypu na płytkę uniwersalną zakończyła się niepowodzeniem. Jej zdjęcia widoczne są poniżej



Rysunek 34 Nieudany prototyp na płytce stykowej - przód (źródło: *opracowanie własne*)



Rysunek 35. Nieudany prototyp na płytce stykowej - tył (źródło: *opracowanie własne*)

Przyczyny:

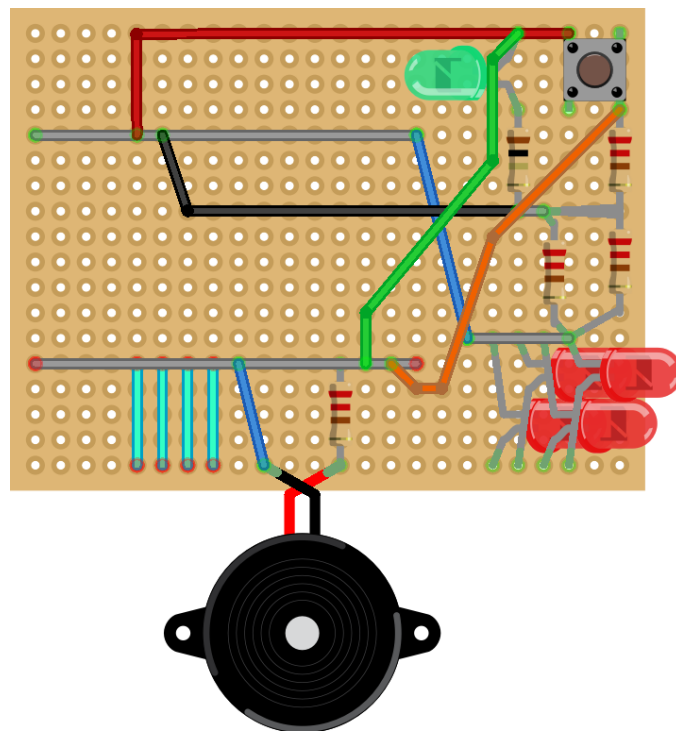
- Brak umiejętności lutowania.
- Niekompatybilność materiałów.
- Rozpoczęcie lutowania bez dobrze rozplanowanego schematu urządzenia.
- Użycie niepoprawnych technik.

Wnioski:

- Przed lutowaniem należy stworzyć schemat urządzenia.
- Tworzenie „ścieżek” z cyny to zły pomysł. Do łączenia elementów zazwyczaj lepiej używać drutów.
- Należy kilkakrotnie upewnić się, że lutuje się ze sobą właściwe komponenty.
- Ruchome druty wlutowane w płytkę uniwersalną mają tendencję do urywania się.

Próba 2 – Zmiany względem pierwszej próby przełożenia prototypu na płytkę uniwersalną:

- Użycie przewodów do łączenia elementów.
- Możliwość odpinania maty od płytki w celu zwiększenia wytrzymałości.
- Usunięcie jednego z przycisków w celu uproszczenia procesu kalibracji.
- Dodanie brzęczyka w celu uproszczenia procesu kalibracji.

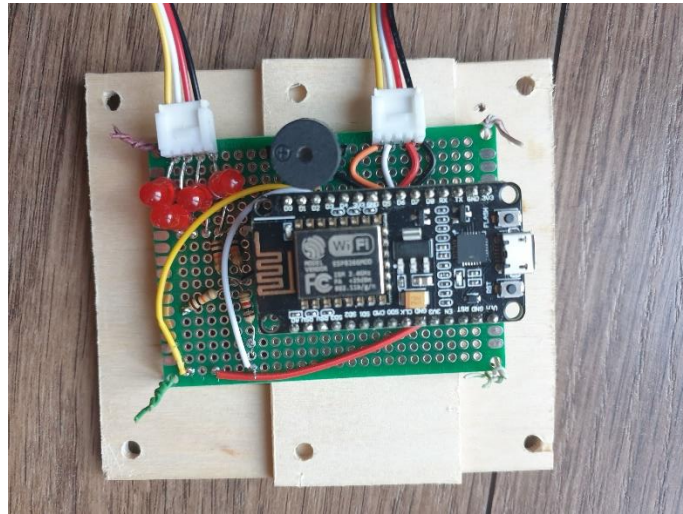


fritzing

Rysunek 36. Schemat prototypu trzeciego (źródło: *fritzing.com*)

- Obudowa

Obudowa kontrolera i baterii wykonana jest z 3 prostokątów ze sklejk drewnianej połączonych śrubami. Obudowa jest zamontowana do krzesła przy pomocy rzepów.



Rysunek 37. Kontroler wraz z obudową (źródło: *opracowanie własne*)

- Pokrowiec

Pokrowiec na matę zrobiony jest z materiałowej torby. Mocowanie do krzesła wykonane jest z dwóch pasków z gumy dzianej.



Rysunek 38. Końcowy prototyp w pokrowcu (źródło: *opracowanie własne*)

- Serwer

Zadaniem serwera w naszym projekcie jest odbieranie i agregowanie danych generowanych przez urządzenie oraz informowanie aplikacji o zmianach. Po otrzymaniu danych z urządzenia serwer określa na ich podstawie aktualną pozycję użytkownika.

Określanie pozycji odbywa się poprzez porównywanie nacisku na konkretne czujniki. Przykładowo, jeżeli nacisk na lewe czujniki jest o ponad połowę większy od nacisku na czujniki prawe to możemy wywnioskować, że użytkownik jest przechylony w lewo. Następnie program sprawdza czy nowa pozycja różni się od poprzedniej. Jeżeli pozycja się nie zmieniła to możemy zignorować dane. Jeżeli jednak pozycja się zmieniła to zapisujemy nową pozycję wraz z aktualnym czasem serwerowym. Taki wpis jest informacją o tym, że w danym momencie użytkownik zmienił pozycję z poprzedniej na tą opisaną w danym wpisie. Po dodaniu nowego wpisu serwer informuje aplikację o zmianie pozycji. Dodatkowo raz na 24 godziny serwer wylicza statystyki siedzenia z doby minionej 24 godziny wcześniej. Statystyki te są zapisywane jako podsumowanie danego dnia a podsumowane, przedawnione wpisy zostają usunięte.



Rysunek 39. Zrzut ekranu ze strony z danymi (źródło: *opracowanie własne*)

11 Testy systemu

Po zakończeniu procesu tworzenia rozpoczęliśmy etap testowania naszego rozwiązania, który podzieliliśmy na:

- **Testowanie urządzenia**

Testerzy zwracali uwagę na powodujące dyskomfort w czasie użytkowania przewody, które są połączone z matą. Byli jednak pozytywnie zaskoczeni tym, że mata nie szeleści ani nie wydaje innych odgłosów np. podczas poprawiania pozycji siedzącej. Z początku testujący urządzenie nie rozumieli systemu kalibracji, uważali że mógł zostać rozwiązany bardziej intuicyjnie.

- **Testowanie aplikacji mobilnej**

Testerzy poproszeni o krytyczną opinię na temat aplikacji, zwracali uwagę przede wszystkim na to, że między wykresami a tekstem na stronie głównej jest zbyt mało miejsca. Pojawiły się także komentarze, według których napis „Punkty zdrowia” mógłby znajdować się na środku strony głównej. Co więcej, testerzy w pierwszej chwili nie wiedzieli do czego służą paski umieszczone w ustawieniach. Otrzymaliśmy również uwagi dotyczące estetyki zakładki z ćwiczeniami.

12 Wnioski

- **Krytyczna ocena projektu**

W stosunku do początkowego założenia projektu nasz końcowy prototyp zrealizował większość z celów. Udało się nam stworzyć matę na siedzenie wykrywającą nacisk na swoje poszczególne części, która dane o zmianie statusu siedzenia przekazuje na serwer z którego dane te pobiera i za pomocą odpowiednich algorytmów przetwarza aplikacja. Dostępne są w niej informacje o dziennym czasie siedzenia, czasie siedzenia w złej pozycji i czasie siedzenia bez przerwy oraz dane z ostatnich dni w formie wykresów. W aplikacji znalazła się planowana sekcja ćwiczeń z podziałem na kategorię oraz ze stoperem do odmierzania czasu. Udało się nam również stworzyć ustawienia z możliwością dostosowania min. preferencji powiadomień. Nasz końcowy projekt zawiera elementy których nie planowaliśmy jak np. dostosowanie motywu aplikacji do motywu systemu, jednakże ma również pewne braki. Pierwotny plan zakładał stworzenie maty nie tylko na siedzenie ale i na oparcie, czego nie udało się nam zrealizować. W aplikacji brakuje możliwości zakładania konta przez użytkownika, które pozwoliłoby na spersonalizowanie proponowanych ćwiczeń. Poza tym powinniśmy przykuć większą uwagę do wyglądu interfejsu użytkownika. Co więcej, mogliśmy położyć większy nacisk na informowanie użytkownika o konsekwencjach nadmiernego siedzenia w nieprawidłowej pozycji.

Jeżeli chodzi o system pracy naszego zespołu, dokonaliśmy nierównomiernego podziału obowiązków. Patrząc z obecnej perspektywy, mogliśmy więcej problemów rozwiązywać wspólnie, co z pewnością poprawiłoby efektywność pracy. Dokumentacja projektowa mogłaby

być napisana w LaTeX'u, jednak poznaliśmy to narzędzie zbyt późno by móc je skutecznie wykorzystać.

- **Możliwości dalszego rozwoju projektu**

Dalsze możliwości rozwoju projektu można zauważyć zarówno po stronie oprogramowania jak i hardware. Jeżeli chodzi o matę, naturalnym krokiem byłaby implementacja drugiej maty interpretującej nacisk na oparcie fotela. Poprawiłoby to skuteczność oceny poprawności pozycji siedzącej użytkownika. W aplikacji ważnym ulepszeniem byłaby możliwość utworzenia konta / zalogowania się np. za pomocą konta Google. Pozwoliłoby to na porównywanie wyników z rezultatami innych użytkowników. Z pewnością przydatność aplikacji poprawiłaby jej integracja np. z kontem Google Fit w celu np. odczytywania dziennej liczby kroków wykonanej przez użytkownika, jego wagi czy BMI co pozwoliłoby na personalizację komunikatów w zależności od aktywności fizycznej użytkownika.

Bibliografia

- 1) F. Al-Turjam (10 Dec 2020) AI-Powered IoT for COVID-19
<https://books.google.pl/books?id=fEsIEAAAQBAJ&lpg=PT24&dq=iot%20covid&pg=PP1#v=onepage&q=iot%20covid&f=false>
- 2) A.Joshi, N. Dey, K.C. Santosh (2020) Intelligent Systems and Methods to Combat Covid-19
<https://books.google.pl/books?id=6Zf5DwAAQBAJ&pg=PA71&dq=iot+covid&hl=pl&sa=X&ved=2ahUKEwiasMfi4P3sAhWoIYsKHQWvADsQ6AEwBHoECAMQAg#v=onepage&q&f=false>
- 3) R. Vijay Anand, J. Prabhu , P.J. Kumar, S.S. Manivannan, S. Rajendran, K.R. Kumar, S. Susi and R. Jothikumar IoT role in prevention of COVID-19 and health care workforces behavioural intention in India – an empirical examination
<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJPC-06-2020-0056/full/pdf?title=iot-role-in-prevention-of-covid-19-and-health-care-workforces-behavioural-intention-in-india-an-empirical-examination>
(dostęp online 22.12.2020r.)
- 4) V. Chamola, V. Hassija, V. Gupta and M. Guizani, A Comprehensive Review of the COVID-19 Pandemic and the Role of IoT, Drones, AI, Blockchain, and 5G in Managing its Impact,
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9086010>
(dostęp online 22.12.2020r.)
- 5) M. T. Hamilton, D. G. Hamilton and T. W. Zderic Role of Low Energy Expenditure and Sitting in Obesity, Metabolic Syndrome, Type 2 Diabetes, and Cardiovascular Disease
<https://diabetes.diabetesjournals.org/content/diabetes/56/11/2655.full.pdf> (dostęp online 22.12.2020r.)
- 6) K. Kumar, N. Kumar R. Shah (2020, July) Role of IoT to avoid spreading of COVID-19 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666603020300026>

- 7) R. Vaishya, A. Haleem, A. Vaish, M. Javaid (2020, April) Emerging Technologies to Combat the COVID-19 Pandemic
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S097368832030061X>

- 8) D. Gupta, S. Bhattb, M. Guptac, A.S. Tosuna (2020, December) Future Smart Connected Communities to Fight COVID-19 Outbreak

- 9) van der Ploeg HP, Chey T, Korda RJ, Banks E, Bauman A. Sitting Time and All-Cause Mortality Risk in 222 497 Australian Adults. *Arch Intern Med.* 2012;172(6):494–500. doi:10.1001/archinternmed.2011.2174

- 10) Kaczor. S, Bac. A, Brewczyńska P., Woźniacka R. (2011, September) Występowanie dolegliwości bólowych dolnego odcinka kręgosłupa i nawyków ruchowych u osób prowadzących siedzący tryb życia
https://www.researchgate.net/publication/273968146_Wystepowanie_dolegliwosci_bolowych_dolnego_odcinka_kregoslupa_i_nawykow_ruchowych_u_osob_prowadzacych_siedzacy_tryb_zycia

- 11) Depa A., Druźbicki M, (2008) Ocena częstości występowania zespołów bólowych lędźwiowego odcinka kręgosłupa w zależności od wykonywanej pracy

- 12) Lis AM, Black KM, Korn H, Nordin M. Association between sitting and occupational LBP. *Eur Spine J.* 2007;16(2):283-298. doi:10.1007/s00586-006-0143-7

Spis rysunków

Rysunek 1. Pierwsza persona użytkownika	4
Rysunek 2. Druga persona użytkownika.....	5
Rysunek 3. Trzecia persona użytkownika	5
Rysunek 4. Częstotliwość występowania LBP wśród pracowników.....	7
Rysunek 5. Wykres rozkładu sposobów siedzenia wśród pracowników biurowych	8
Rysunek 6. Wykres wpływu pozycji siedzącej na dolegliwości pracowników biurowych	9
Rysunek 7. Stosowanie ćwiczeń związanych z profilaktyką bólów kręgosłupa w domu.....	10
Rysunek 8. Wpływ ćwiczeń na organizm – pracownicy umysłowi.....	10
Rysunek 9. Zależność śmiertelności od siedzącego trybu życia i aktywności wśród wszystkich badanych	11
Rysunek 10. Wykres statusu osób ankietowanych	12
Rysunek 11. Wykres pracy codziennej w pozycji siedzącej	13
Rysunek 12. Wykres zwracania uwagi na pozycję.....	13
Rysunek 13. Wykres rozkładu czasu spędzanego przez ankietowanych siedząc przed pandemią COVID-19	14
Rysunek 14. Wykres rozkładu czasu spędzanego siedząc w czasie pandemii COVID-19	14
Rysunek 15. Wykres odczuwanych dolegliwości związanych z pracą przy komputerze	15
Rysunek 16. Wykres obaw o przyszłość swojego zdrowia wśród ankietowanych	15
Rysunek 17. Wykres pracy przy różnych biurkach.....	16
Rysunek 18. Wykres przedmiotów, na których siedzą ankietowani	16
Rysunek 19. Wykres zainteresowania ankietowanych potencjalnym urządzeniem	17
Rysunek 20. Wykres najbardziej użytecznych funkcjonalności potencjalnego urządzenia	17
Rysunek 21. Płytki ESP 8266 z czujnikiem HC-SR04 w obudowie z klocków Lego	18
Rysunek 22. Zrzut ekranu z serwera.....	19
Rysunek 23. Schemat drugiego prototypu.....	20
Rysunek 24. Mata wraz z okablowaniem i modułem z płytką ESP8266.....	20
Rysunek 25. Płytki prototypowa z podłączonym ESP8266, diodami i przyciskami do kalibracji maty.....	21
Rysunek 28. Zrzut ekranu pierwszej wersji aplikacji.....	24
Rysunek 29. Zrzut ekranu drugiej wersji aplikacji.....	24
Rysunek 30. Porównanie zrzutów ekranu	25
Rysunek 31. Zrzut ekranu i fragment kodu.....	26
Rysunek 26. Schemat działania ostatecznego prototypu.....	26
Rysunek 31. Interfejs aplikacji w trybie jasnym.....	28

Rysunek 32. Interfejs aplikacji w trybie jasnym.....	28
Rysunek 33 Interfejs aplikacji w trybie ciemnym	28
Rysunek 34 Nieudany prototyp na płytce stykowej - przód	29
Rysunek 35. Nieudany prototyp na płytce stykowej - tył	29
Rysunek 36. Schemat prototypu trzeciego.....	30
Rysunek 37. Kontroler wraz z obudową.....	31
Rysunek 38. Końcowy prototyp w pokrowcu.....	31
Rysunek 39. Zrzut ekranu ze strony z danymi.....	32