

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS

Technologijos, fizinių ir biomedicinos mokslų fakultetas

Kompiuterių sistemų katedra

Artur Dmitrijev

**Išmaniosios infraraudonųjų spindulių valdymo  
sistemos projektavimas ir tyrimas**

Magistro baigiamasis darbas

Vadovas doc. dr. E. Paliulis

Šiauliai, 2016

# ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS

Technologijos, fizinių ir biomedicinos mokslų fakultetas

Kompiuterių sistemų katedra

TVIRTINU

Kompiuterių sistemų katedros vedėjas  
doc. dr. E. Paliulis  
2016-06-01

## **Išmaniosios infraraudonųjų spindulių valdymo sistemos projektavimas ir tyrimas**

Informatikos inžinerijos magistro baigiamasis darbas

### **Vadovas**

Kompiuterių sistemų katedros docentas  
2016 m. gegužės \_\_\_\_ d.

dr. E. Paliulis

### **Recenzentas**

Kompiuterių sistemų katedros docentė  
2016 m. gegužės \_\_\_\_ d.

dr. S. Ramanauskaitė

### **Recenzentas**

Kompiuterių sistemų katedros docentė  
2016 m. gegužės \_\_\_\_ d.

dr. A. Slotkienė

### **Autorius**

ITM-14 gr. studentas  
2016 m. gegužės 26 d.

A. Dmitrijev

Šiauliai, 2016

TVIRTINU

Kompiuterių sistemų

katedros vedėjas

dr. E. Paliulis

2016 m.

\_\_\_\_\_ mėn. \_\_\_\_\_ d.

## Magistro darbo užduotis

Studentui **ARTUR DMITRIJEV**

Darbo tema: **IŠMANIOSIOS INFRARAUDONŲJŲ SPINDULIŲ VALDYMO SISTEMOS PROJEKTAVIMAS IR TYRIMAS  
(DESIGN AND RESEARCH OF SMART INFRARED CONTROL SYSTEM)**

1. Darbe atlikti šias užduotis:

1.1. Išanalizuoti infraraudonųjų (IR) spindulių šildymo principus.

1.1.1. Išanalizuoti IR spindulių sandarą, savybes, charakteristikas ir jų valdymo galimybes.

1.1.2. Išanalizuoti ir palyginti rinkoje esančias IR spindulių generavimo sistemas.

1.1.3. Išanalizuoti ir palyginti rinkoje esančias IR spindulių valdymo sistemas.

1.2. Ištirti IR spindulių šildymo sistemos poveikį žmogaus organizmui.

1.3. Sukurti išmaniosios IR spindulių valdymo sistemos projektą.

1.3.1. Atlikti IR spindulių valdymo sistemos reikalavimų specifikaciją.

1.3.2. Nustatyti efektyviausią IR spindulių generavimo elementų išdėstymą.

1.3.3. Suprojektuoti IR spindulių valdymo sistemos algoritmą.

1.4. Realizuoti suprojektuotos IR spindulių valdymo sistemos prototipą pasirinktomis priemonėmis ir atlikti jos testavimą.

1.5. Apibendrinti IR spindulių valdymo sistemos testavimo rezultatus, pateikti išvadas ir pasiūlymus.

2. Aiškinamojo rašto turinys turi atitikti Kompiuterių sistemų katedros studentų magistro darbų metodinius nurodymus.

3. Magistro darbas pateikiamas su įrišta darbo užduotimi, įdėtu vadovo atsiliepimu ir kompaktine plokštele.

4. Kompaktinėje plokštelėje įrašyti visus su sukurtu algoritmu ir atliktais tyrimais susijusius failus ir magistro darbo aiškinamąjį raštą.

5. Gynimo metu pateikiama pristatymo pateiktis ir liudijimas, kad magistro darbas yra įkeltas į Lietuvos ETD informacinę sistemą.

6. Apginto katedroje baigiamojo darbo pristatymo paskutinioji diena – 2016 m. gegužės 26 d.

**Baigiamojo darbo vadovas**

**doc. dr. E. Paliulis**

2015 m. spalio 12 d.

**Studentas**

**A. Dmitrijev**

2015 m. spalio 12 d.

## Išmaniosios infraraudonųjų spindulių valdymo sistemos projektavimas ir tyrimas

### *Santrauka*

Baigiamajame darbe nagrinėjamas išmaniosios infraraudonųjų spindulių sistemos projektavimas ir tyrimas. Išmanioji infraraudonųjų spindulių sistema susideda iš dviejų dalių - infraraudonųjų spindulių sistemos ir išmaniojo įrenginio su įdiegta išmaniaja programėle. Išmanioji programėlė, siųsdama Bluetooth sąsaja valdymo komandas ir gaudama žmogaus fiziologinius parametrus, valdys infraraudonųjų spindulių sistemą.

Analitinėje dalyje apžvelgta infraraudonųjų spindulių teorija, jų poveikis žmogui. Aptartos infraraudonųjų spindulių sistemos naudojamos rinkoje ir jų šildymo elementai. Projektinėje dalyje suprojektuotos infraraudonųjų spindulių sistemos, išmaniosios programėlės struktūrinės schemas, darbo algoritmai ir aprašytas jų veikimas. Tiriamojoje dalyje testuojamas išmaniosios programėlės algoritmas su infraraudonųjų spindulių sistemos valdymo bloko algoritmu. Baigiamajame darbe suformuluotos išvados. Pateiktas naudotos literatūros sąrašas.

Darbą sudaro: įvadas ir užduoties analizė, literatūros analizė, esamų praktinių sprendimų analizė, projektuojamų įrenginių struktūrinių schemų sudarymas, praktinio eksperimento atlikimas, išvados ir literatūros sąrašas.

Darbo apimtis – 66 psl. teksto be priedų, 59 paveikslai, 21 lentelės, 30 bibliografinių ir internetinių šaltinių.

**Raktiniai žodžiai:** infraraudonųjų spindulių sistema; išmanioji programėlė; duomenų bazė.

## Design and Analysis of a Smart Infrared Control System

### *Annotation*

This final master thesis deals with the smart infrared system design and analysis. Smart infrared system consists of two parts - an infra-red systems and the smart device with incorporated in application. Application will manage infrared system, sending with a Bluetooth interface control commands and receiving a parameters of human physiological condition.

The analytical part consist of infrared theory and their effects on humans. Discussed infrared systems which are used in the market and their heating elements. Design part of the infrared system and application flowchart, processing algorithms, and description of their operation. In analysis part was tested the application algorithm with an infrared system control algorithms. Formulated conclusions. Made list of references.

The work consists: introduction and task analysis, literature analysis, existing practical solutions analysis, design of flowchart, practical experiments, conclusions and references.

Thesis consists of: 66 pages of text excluding appendies, 59 pictures, 21 tables, 30 bibliographical and internet sources.

**Keywords:** Infrared system, application, database.

### Santrumpų ir žymėjimų sąrašas.

Antropometrija – fizinės antropologijos šaka, tirianti žmogaus kūno išmatavimus ir proporcijas, siekiant suprasti žmonių fizinę įvairovę;

App (angl. application) – Išmanioji programėlė;

CPU (angl. central processing unit) – Centrinis procesorius;

DB (angl. Database) – Duomenų bazė;

FTP (angl. File Transfer Protocol) – Failų perdavimo protokolas;

HGB (angl. Hemoglobin) – Hemoglobinas;

IR (angl. infrared) – Infraraudonieji spinduliai;

IRS (angl. infrared system) – Infraraudonųjų spindulių sistema;

KMI – Kūno masės indeksas;

LY (angl. Lymphocyte) – Limfocitai;

NASA (angl. National Aeronautics and Space Administration) – Nacionalinė aeronautikos ir kosmoso administracija;

NETD (angl. Noise equivalent temperature difference) – Ekvivalentinis triukšmo temperatūros skirtumas;

OS (angl. operating system) – Operacinė sistema;

PHP (angl. Hypertext Preprocessor) – Dinaminė interpretuojama programavimo kalba;

PLT (angl. Platelet) – Trombocitai;

RAM (angl. random-access memory) – Kompiuterio operatyvioji atmintinė;

RBC (angl. Red Blood Cell) – Eritrocitai;

Sagitalinis – strėlinis, einantis iš priekio į užpakalį (kūno plotis tarp krūtinės ląstos ir nugaros);

SQL (angl. Structured Query Language) – Struktūrinių užklausų kalba;

WBC (angl. White Blood Cells) – Leukocitai;

ŽIV – Žmogaus imunodeficito virusas.

## LENTELIŲ SĄRAŠAS

|  |    |
|--|----|
| 1.1 Apytikslis medžiagų sugėrimo koeficientas.....   | 15 |
| 1.2 Seanso metu išskiriamų medžiagų palyginimas.....   | 17 |
| 1.3 Bendras kraujo tyrimas.....  | 21 |
| 2.1 Infraraudonųjų spindulių saunų palyginimas.....  | 23 |
| 2.2 Pilnai padengtų ir juostinio tipo plėvelių specifikacijos.....   | 28 |
| 3.1 Figūrų dydžių paliginimas.....   | 30 |
| 3.2 Rombo didžių paliginimas.....  | 31 |
| 4.1 Vartotojo atpažinimo sistemoje testavimas.....   | 48 |
| 4.2 Vartotojo registracijos sistemoje testavimas.....  | 48 |
| 4.3 Duomenų apie vartotoją atvaizdavimas, jų keitimas sistemoje, kūno masės indekso ir maksimalaus širdies ritmo skaičiavimo testavimas..... | 49 |
| 4.4 Prisijungimo prie Bluetooth modulio testavimas.....  | 49 |
| 4.5 Seanso trukmės nustatymo ir infraraudonųjų spindulių sistemos įjungimo testavimas.....   | 50 |
| 4.6 Gaunamų duomenų iš infraraudonųjų spindulių sistemos atvaizdavimo testavimas.....  | 50 |
| 4.7 Širdies ritmo ir kūno temperatūros vidurkių atvaizdavimo testavimas.....   | 51 |
| 4.8 Garsinio signalo veikimo sistemoje testavimas.....   | 51 |
| 4.9 Termovizorių Fluke Ti110-0209 parametrai.....  | 52 |
| 4.10 Tiriamojo fiziologiniai parametrai.....   | 56 |
| 4.11 Atliktų bendro kraujo tyrimų rezultatų paliginimas.....   | 60 |
| 4.12 Tiriamojo kūno masės pokytis.....   | 60 |
| 4.13 Žmogaus kūno temperatūra viršija leistiną ribą.....   | 61 |
| 4.14 Žmogaus širdies ritmas viršija maksimalų individualiai paskaičiuotą širdies ritmą.....  | 61 |

## PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

|   |    |
|---|----|
| 1.1 pav. IR spindulių energijos patekimas ant priimančio paviršiaus.....  | 13 |
| 1.2 pav. Energijos pasiskirstymas absoliučiai juodo kūno spinduliavimo spektre esant skirtingoms temperatūroms..... | 14 |
| 1.3 pav. Infraraudonasis spinduliavimo spektras.....  | 16 |
| 1.4 pav. Psichologinė reakcija priklausomai nuo kūno temperatūros.....  | 18 |
| 1.5 pav. Žmogaus kūno temperatūros pasiskirstymas.....  | 18 |
| 1.6 pav. Pogumburio reikšmė termoreguliacijos procesui.....   | 19 |
| 1.7 pav. Žmogaus pulso zonos pagal amžių.....   | 21 |
| 2.1 pav. Teniniai/Spinduliniai šildytuvai.....  | 24 |
| 2.2 pav. Kvarcinis šildytuvas.....  | 25 |
| 2.3 pav. Keramikinis šildytuvas.....  | 25 |
| 2.4 pav. Halogeninis šildytuvas.....  | 25 |
| 2.5 pav. Anglies pluošto šildytuvai.....  | 26 |
| 2.6 pav. Infraraudonųjų spindulių plėvelės.....   | 26 |
| 2.7 pav. Pilnai padengtos šildymo plėvelės struktūra.....   | 27 |
| 2.8 pav. Juostinio tipo šildymo plėvelės struktūra.....   | 28 |
| 3.1 pav. Pagrindinės analizuojamos formos.....  | 30 |
| 3.2 pav. Rombas su pažymėtomis kraštinėmis.....   | 31 |
| 3.3 pav. Rombo tipo karkasas su šildymo elementais.....   | 31 |
| 3.4 pav. LightBond kompozicinės plokštės.....   | 32 |
| 3.5 pav. Infraraudonųjų spindulių sistemos komponentų struktūrinė schema.....                                       | 33 |
| 3.6 pav. Arduino Uno R3.....  | 33 |
| 3.7 pav. HC-06 Bluetooth modulis.....   | 34 |
| 3.8 pav. Pulso daviklis.....  | 34 |
| 3.9 pav. MLX90614 IR spindulių temperatūros daviklis.....   | 34 |
| 3.10 pav. Bendra IR sistemos valdymo bloko struktūrinė schema.....  | 35 |
| 3.11 pav. Arduino Uno R3 algoritmo veikimo struktūrinė schema.....  | 35 |
| 3.12 pav. Papildomo temperatūros patikrinimo struktūrinė schema.....  | 36 |
| 3.13 pav. MySQL duomenų bazės struktūra.....  | 37 |
| 3.14 pav. MySQL duomenų bazės vartotojai lentelė.....   | 37 |
| 3.15 pav. MySQL duomenų bazės duomenys lentelė.....   | 38 |
| 3.16 pav. Rudes serverio FTP duomenų saugykloje saugomi php kodai.....  | 38 |
| 3.17 pav. Vartotojo registracijos ir prisijungimo langai programoje.....  | 39 |
| 3.18 pav. Vartotojo prisijungimo lango algoritmo struktūrinė schema.....  | 39 |
| 3.19 pav. Vartotojo registracijos lango algoritmo struktūrinė schema.....   | 40 |
| 3.20 pav. Vartotojo duomenų langiai programoje.....   | 40 |
| 3.21 pav. Vartotojo duomenų lango algoritmo struktūrinė schema.....   | 41 |
| 3.22 pav. IR sistemos valdymo langas programoje.....  | 41 |
| 3.23 pav. IR sistemos valdymo lango algoritmo struktūrinė schema.....   | 42 |
| 3.24 pav. „Pagrindinis ciklas“ algoritmo struktūrinė schema.....  | 43 |
| 3.25 pav. Karkaso plokštės su papildoma termoizoliacinė medžiaga.....   | 44 |
| 3.26 pav. Karkaso plokštės su juostinio tipo plėvelė.....   | 45 |
| 3.27 pav. Karkaso plokštės iš nugarinės pusės.....  | 45 |
| 3.28 pav. IR sistemos maitinimo įtampų sujungimo schema.....  | 45 |
| 3.29 pav. IR sistemos valdymo blokas.....   | 46 |
| 4.1 pav. Termovizorius Fluke Ti110-0209.....  | 52 |
| 4.2 pav. Atviros IR sistemos elementų nuotrauka testavimo pradžioje.....  | 52 |
| 4.3 pav. Atviros IR sistemos elementų nuotrauka po 30s ir 60s nuo pradžios.....                                     | 53 |
| 4.4 pav. Atviros IR sistemos elementų nuotrauka po 90s ir 120s nuo pradžios.....                                    | 53 |
| 4.5 pav. Atviros IR sistemos elementų nuotrauka po 150s ir 180s nuo pradžios.....                                   | 53 |
| 4.6 pav. Atviros IR sistemos elementų nuotrauka po 210s nuo pradžios.....   | 53 |
| 4.7 pav. Atviros IR sistemos elementų šilumos pasiskirstymo priklausomybė nuo testavimo laiko.....                  | 54 |
| 4.8 pav. Atviros IR sistemos karkaso nugarinės dalies nuotrauka.....  | 54 |
| 4.9 pav. Galios priklausomybės nuo įtampos tyrimui naudojama įranga.....  | 55 |
| 4.10 pav. IR sistemos galios priklausomybės nuo įtampos grafikas.....   | 55 |
| 4.11 pav. Pirmojo tyrimo širdies ritmo priklausomybės nuo laiko grafikas.....                                       | 57 |



|   |    |
|---|----|
| 4.12 pav. Antrojo tyrimo širdies ritmo priklausomybės nuo laiko grafikas.....       | 58 |
| 4.13 pav. Laikrodžio TOMTOM 8RA0 širdies ritmo rodmenys.....                        | 58 |
| 4.14 pav. Tiriamojo nuotrauka penkios minutes prieš tyrimą ir 25 tyrimo minutę..... | 59 |
| 4.15 pav. Tiriamojo nuotrauka 30 tyrimo minutę.....                                 | 59 |

## TURINYS

|  |    |
|--|----|
| ĮVADAS.....  | 12 |
| 1. ŠILUMINIS SPINDULIAVIMAS .....  | 13 |
| 1.1. Infraraudonųjų spindulių šildymo principų analizė .....                                     | 13 |
| 1.2. Tolimasis IR spinduliavimas.....  | 15 |
| 1.3. Infraraudonųjų spindulių skleidžiamos šilumos poveikis žmogui .....                         | 16 |
| 1.3.1. Infraraudonųjų spindulių skleidžiamos šilumos teigiamas poveikis sveikatai .....          | 16 |
| 1.3.2. Žmogaus kūno temperatūros normos .....  | 18 |
| 1.4.3. Žmogaus termoreguliacinė sistema .....  | 18 |
| 1.4.4. Žmogaus organizmo atsakas į karščiavimą .....   | 20 |
| 1.4.5. Žmogaus širdies ritmas .....  | 20 |
| 1.4.6. Bendras kraujo tyrimas.....   | 21 |
| 2. INFRARAUDONŪJŲ SPINDULIŲ VALDYMO SISTEMOS .....   | 23 |
| 2.1. Infraraudonųjų spindulių saunų palyginimas .....  | 23 |
| 2.2. Infraraudonųjų spindulių šildymo elementų analizė .....                                     | 24 |
| 2.2.1. Teniniai/Spinduliniai šildytuvai .....  | 24 |
| 2.2.2. Kvarciniai šildytuvai.....  | 24 |
| 2.2.3. Keramikiniai šildytuvai.....  | 25 |
| 2.2.4. Halogeniniai šildytuvai.....  | 25 |
| 2.2.5. Anglies pluošto šildytuvai .....  | 26 |
| 2.3. Infraraudonųjų spindulių plėvelinių anglies pluošto šildymo elementų analizė .....          | 26 |
| 2.3.1. Pilnai padengtos infraraudonųjų spindulių plėvelės .....                                  | 27 |
| 2.3.2. Juostinio tipo infraraudonųjų spindulių plėvelės.....                                     | 27 |
| 3. INFRARAUDONŪJŲ SPINDULIŲ VALDYMO SISTEMOS PROJEKTAVIMAS.....                                  | 30 |
| 3.1. Infraraudonųjų spindulių valdymo sistemos karkaso projektavimas .....                       | 30 |
| 3.1.1. Rombo kampo tarp kraštinių parinkimas.....  | 30 |
| 3.1.2. Atspindinčios šiluminės izoliacijos parinkimas .....                                      | 32 |
| 3.2. Infraraudonųjų spindulių sistemos valdymo projektavimas .....                               | 32 |
| 3.2.1. Infraraudonųjų spindulių sistemos valdymo bloko projektavimas.....                        | 33 |
| 3.2.2. Infraraudonųjų spindulių sistemos išmaniosios programėlės kūrimas .....                   | 36 |
| 3.3. Infraraudonųjų spindulių valdymo sistemos surinkimas.....                                   | 43 |
| 4. INFRARAUDONŪJŲ SPINDULIŲ VALDYMO SISTEMOS TYRIMAS .....                                       | 47 |
| 4.1. Išmaniosios programėlės testavimo rezultatai .....  | 47 |
| 4.1.1. Testavimo tikslai .....   | 47 |
| 4.1.2. Testavimo resursai.....   | 47 |
| 4.1.3. Programinės įrangos funkcijų testavimas.....  | 48 |
| 4.2. Infraraudonosios spindulių valdymo sistemos šilumos pasiskirstymo tyrimas .....             | 51 |
| 4.3. Infraraudonosios spindulių valdymo sistemos galios priklausomybės nuo įtampos tyrimas ..... | 54 |
| 4.4. Poveikio žmogaus organizmui tyrimas .....   | 55 |
| 4.4.1. Tiriamojo fiziologinių parametrų ir savijautos analizė .....                              | 56 |
| 4.4.2. Tiriamojo širdies ritmo stebėjimas .....  | 57 |
| 4.4.3. Tiriamojo skleidžiamos kūno temperatūros stebėjimas .....                                 | 59 |
| 4.4.4. Tiriamojo bendro kraujo tyrimas.....  | 60 |

|   |                                    |
|---|------------------------------------|
| 4.4.5. Tiriamojo kūno masės pokytis.....  | 60                                 |
| 4.5. Infraraudonosios spindulių sistemos algoritmo efektyvumo testavimas.....                             | 61                                 |
| 4.5.1. Žmogaus kūno temperatūros viršijimo leistiną ribą testavimas.....                                  | 61                                 |
| 4.5.2. Žmogaus širdies ritmo viršijimo maksimalų individualiai paskaičiuotą širdies ritmą testavimas..... | 62                                 |
| 4.6. Infraraudonosios spindulių valdymo sistemos tyrimo apibendrinimas.....                               | 62                                 |
| 5. IŠVADOS.....   | 64                                 |
| LITERATŪRA.....   | 65                                 |
| PRIEDAI.....  | <b>KLaida! Žymelė neapibrėžta.</b> |

## IVADAS

Šiuolaikiniame pasaulyje, kai technologijos sparčiai tobulėja, auga sistemų orientuotų į sveiką gyvenseną ir komfortą poreikis. Pastaraisiais metais didėja vartotojų susidomėjimas infraraudonosiomis spindulių sistemomis, kurios naudojamos tiek pramonėje šildant didelius angarus, tiek buityje šildant namų erdvės. Tyrimais yra nustatyta, kad infraraudonųjų spindulių šiluminis poveikis giliuose audinių sluoksniuose lemia kraujagyslių kapiliarų plėtimąsi, o tai skatina geresnę kraujo apytaką, o tokiu būdu sukurta šiluma padeda atsikratyti organizmo toksinų ir medžiagų apykaitos atliekų prakaitavimo būdu. Atsižvelgiant į tyrimus kyla ypač didelis susidomėjimas infraraudonosiomis sistemomis, kurios naudojamos gydymo ir svorio metimo tikslais. Magistro baigiamasis darbas išsiskiria savo aktualumu ir problematika keliais aspektais:

- Yra atlikta nemažai tyrimų infraraudonųjų spindulių (IR) tematika, tačiau didžioji dalis tyrimų buvo užsakoma kompanijų kurios prekiauja IR sistemomis, ko pasėkoje tyrimų rezultatai viešai nėra skelbiami.
- Lietuvos ir užsienio rinkose nepavyko rasti IR sistemų, kurios būtų valdomos išmaniaisiais įrenginiais ir analizuotų žmogaus fiziologinius parametrus.

Magistro baigiamajam darbui buvo nustatytas šis tikslas: Suprojektuoti IR spindulių valdymo sistemą, kontroliuojamą išmaniaisiais įrenginiais, analizuojančią žmogaus fiziologinius parametrus ir atlikti jos tyrimus.

Šiam tikslui pasiekti būtina įvykdyti šios uždavinius:

- Išanalizuoti infraraudonųjų (IR) spindulių šildymo principus;
- Iširti IR spindulių šildymo sistemos poveikį žmogaus organizmui;
- Sukurti išmaniosios IR spindulių valdymo sistemos projektą;
- Realizuoti suprojektuotos IR spindulių valdymo sistemos prototipą pasirinktomis priemonėmis ir atlikti jos testavimą.

# 1. ŠILUMINIS SPINDULIAVIMAS

Žinoma, kad visi kūnai, kurių temperatūra didesnė už nulį, skleidžia elektromagnetines bangas, t. y. praranda energiją. Jų vidinė energija (kartu ir temperatūra) turi mažėti. Jei temperatūra nekinta, reiškia energija nuolat papildoma. *Šiluminis spinduliavimas* yra kūno elektromagnetinis spinduliavimas, kurį sukelia kūno sužadinti atomai arba molekulės dėl jų šiluminio judėjimo. Didėjant kūno temperatūrai spinduliuotės tankis didėja.

Kūnas ne tik spinduliuoja, bet ir sugeria šiluminę spinduliuotę. Šiluminis spinduliavimas stacionarus, jei spinduliuojančiojo kūno temperatūra pastovi dėl pastovaus jo kaitinimo. Stacionarusis šiluminis spinduliavimas, vykstantis termiškai izoliuotų kūnų sistemoje, kurioje kūnai gali keistis energija tik per elektromagnetinę spinduliuotę ir sugerti, vadinamas *pusiausviruoju šiluminiu spinduliavimu*.

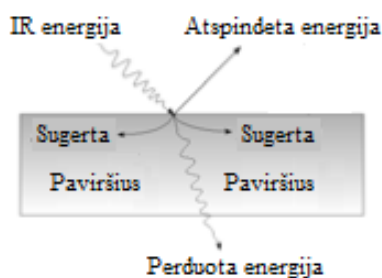
Tarkime, kad ertmė, kurią supa elektromagnetinę spinduliuotę idealiai atspindintis sluoksnis, yra kūnas. Jo skleidžiama spinduliuotė neišsisklaido erdvėje, bet atsispindėjusi nuo sienelių lieka ertmėje, vėl krinta į kūną ir iš dalies sugeriama. Tokiomis sąlygomis energijos nuostolių nėra. Kai šiluminis spinduliavimas yra pusiausvira, elektromagnetinių bangų, skleidžiamų kiekvieno sistemos kūno per vienetinį laiką, energija lygi energijai bangų, sugeriamų šių kūnų per tą patį laiką.

Į ertmę įdėkime įkaitintą kūną. Jei per vienetinę trukmę kūnas išspinduliuoja daugiau energijos negu sugeria, jo temperatūra krinta. Šiuo atveju spinduliuotė silpnėja iki to momento, kol susidaro pusiausvyra. Tokia pusiausvyroji būseną stabili.[1]

## 1.1. Infraraudonųjų spindulių šildymo principų analizė

Infraraudonųjų spindulių energija yra spinduliavimo energija, kuri keliauja erdvėje elektromagnetinių bangų forma. Kaip šviesa, ji gali būti atspindima ir sutelkiama. Infraraudonųjų spindulių energija nepriklauso nuo oro. Tam, kad būtų perduota, ji yra konvertuojama į šilumą po absorbcijos su spinduliuote priimančiu paviršiumi. Išties, oras ir dujos sugeria labai mažai infraraudonųjų spindulių. Taigi, infraraudonųjų spindulių energija numato veiksmingą šilumos perdavimą be kontakto, tarp šilumos šaltinio ir spinduliuotę priimančio paviršiaus.

Infraraudonųjų spindulių šildymas yra dažnai neteisingai naudojamas ir jo pajėgumų reikalavimai neįvertinami dėl supratimo trūkumo apie pagrindinius spinduliuojančių šilumos šaltinių perdavimo principus. Kai infraraudonųjų spindulių energija iš šaltinio krinta ant objekto ar spinduliuotę priimančio paviršiaus, ne visa energija yra sugeriama. Dalis infraraudonųjų spindulių energijos gali būti atspindėta ar perduota. Energija, kuri yra atspindėta ar perduota, tiesiogiai nekaitina spinduliuotę priimančio paviršiaus, todėl gali būti visiškai prarasta (1.1 pav.).



1.1 pav. IR spindulių energijos patekimas ant priimančio paviršiaus [2]

Kitas svarbus veiksnys, į kurį reikia atsižvelgti vertinant infraraudonųjų spindulių taikomasias sistemas, yra tai, kad energijos kiekis, kuris yra absorbuojamas, atsispindimas arba perduodamas priklauso nuo infraraudonųjų spindulių energijos bangos ilgio, įvairių medžiagų ir paviršių. Šie ir kiti svarbūs kintamieji turi didelę įtaką šilumos energijos reikalavimams ir eksploatacinėms savybėms.

Infraraudonieji spinduliai ir šaltinių temperatūros - kiekis išspinduliuotos energijos, išskirtos iš šilumos šaltinio, yra proporcingas paviršinei temperatūrai ir medžiagos sugėrimo koeficientui. Tai apibūdina Stefano ir Bolcmano dėsnis, kuriame teigiama, kad absoliučiai juodo kūno visuminė

spinduliavimo geba yra proporcingas temperatūrai ketvirtuoju laipsniu. Kuo aukštesnė temperatūra, tuo didesnis našumas ir šaltinio efektyvumas.

Stefano- Bolcmano dėsnio matematinė išraiška :

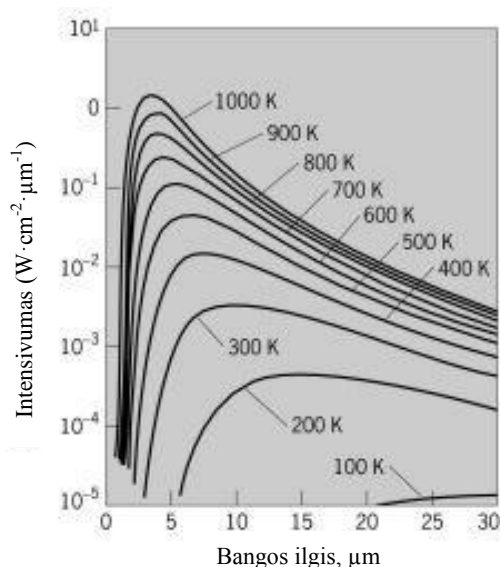
$$E_0 = C_0 \left( \frac{T_p}{100} \right)^4 \quad (1.1)$$

čia:  $E_0$  – absoliučiai juodo kūno išspinduliuotos energijos srautas  $W/m^2$ ;

$T_p$  – kūno paviršiaus temperatūra  $^{\circ}K$ ;

$C_0$  – absoliučiai juodo kūno spinduliavimo koeficientas.  $5,67W/(m^2 \cdot K^4)$ .

Sugėrimo koeficientas ir idealus infraraudonųjų spindulių šaltinis — paviršiaus gebėjimas išskirti spinduliavimą yra apibrėžiamas terminų sugėrimo koeficientas. Tas pats terminas yra panaudota apibrėžti paviršiaus gebėjimas sugerti spinduliuotę. Idealus infraraudonasis šaltinis spinduliuotų ar sugertų 100 % visos spinduliuojančios energijos. Šis idealas vadina "absoliučiai" juodu kūnu su sugėrimo koeficientu lygiu 1,0. Spektrinis paskirstymas idealaus infraraudonųjų spindulių sugėrimo koeficiento yra žemiau.



**1.2 pav.** Energijos pasiskirstymas absoliučiai juodo kūno spinduliavimo spektre esant skirtingoms temperatūroms[4]

Sugėrimo koeficientas – praktiškai dauguma medžiagų ir paviršiai yra "pilki kūnai", kurių sugėrimo koeficientas arba absorbcijos koeficientas yra mažesnis kaip 1,0. Dėl praktinių tikslų, galima daryti prielaidą, kad prastas spinduliuolis yra paprastai ir prastas absorbuotojas. Pavyzdžiui, poliruotas aliumininis turi sugėrimo koeficientą 0,04 ir yra labai prastas spinduliuolis. Jis yra labai atspindintys ir jį yra sunku šildyti su infraraudonųjų spindulių energija. Jei aliuminio paviršius dažytas emalio dažais, sugėrimo koeficientas padidėja iki 0,85 - 0,91 ir jis yra lengvai šildomas infraraudonųjų spindulių energijos. Lentelėje 1.1 yra sąrašai kai kurių bendrų medžiagų ir paviršių sugėrimo koeficientai.

Apytikslis medžiagų sugėrimo koeficientas

| Metalas                   | Poliruotas    | Šiurkštus  | Oksiduotas    |
|---------------------------|---------------|------------|---------------|
| Aliuminis                 | 0,04          | 0,056      | 0,11 – 0,19   |
| Žalvaris                  | 0,03          | 0,06 – 0,2 | 0,6           |
| Varis                     | 0,018 – 0,02  | -          | 0,57          |
| Auksas                    | 0,018 – 0,035 | -          | -             |
| Plienas                   | 0,12 – 0,4    | 0,75       | 0,8 – 0,95    |
| Nerūdijantis plienas      | 0,11          | 0,57       | 0,8 – 0,95    |
| Švinas                    | 0,057 – 0,075 | 0,28       | 0,63          |
| Nikelis                   | 0,045 – 0,087 | -          | 0,37 – 0,48   |
| Sidabras                  | 0,02 – 0,035  | -          | -             |
| Cinkas                    | 0,04 – 0,065  | -          | -             |
| <b>Įvairios medžiagos</b> |               |            |               |
| Asbestas                  |               |            | 0,93 – 0,96   |
| Plyta                     |               |            | 0,75 – 0,93   |
| Anglis                    |               |            | 0,927 -0,967  |
| Stiklas                   |               |            | 0,937         |
| Popierius                 |               |            | 0,924 – 0,944 |
| Plastikas                 |               |            | 0,86 – 0,95   |
| Guma                      |               |            | 0,86 – 0,95   |
| Vanduo                    |               |            | 0,95 – 0,963  |
| <b>Dažai ir lakai</b>     |               |            |               |
| Juodas/Baltas lakas       |               |            | 0,8 – 0,95    |
| Emalis                    |               |            | 0,85 – 0,91   |
| Aliejiniai dažai          |               |            | 0,92 – 0,96   |
| Aliuminio dažai           |               |            | 0,27 – 0,67   |

Absorbicija — kai infraraudonųjų spindulių energija yra paverčiama į šilumą paviršiuje, šiluma keliauja į laidumo darbą. Medžiagos tokios kaip metalai turi aukštą šiluminį laidumą ir greitai paskirsto šilumą tolygiai po visą kūną. Priešingai, plastikai, mediena ir kitos medžiagos turi žemą šiluminį laidumą ir gali išvystyti aukštą paviršinę temperatūrą prieš tai, kol bus pastebėtas vidaus temperatūros padidėjimas.

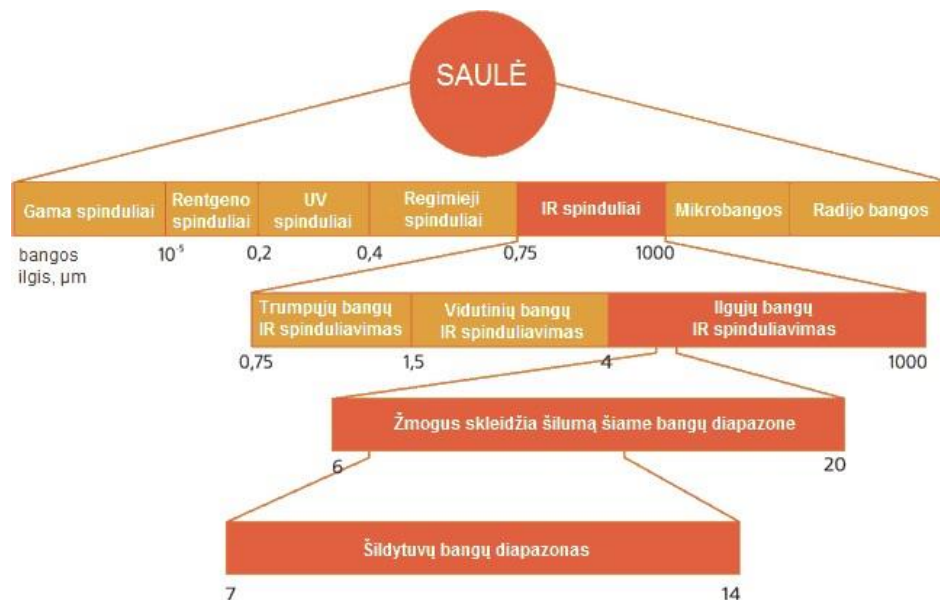
Atspindėjimas — iš medžiagų su blogu spinduliavimo koeficientu dažnai daro gerus reflektorius. Poliruotas auksas su sugėrimo koeficientu 0.018 yra puikus infraraudonųjų spindulių reflektorius, kuris neoksiduoja lengvai. Poliruotas aliuminis su sugėrimo koeficientu 0.04 yra puikus antrasis pasirinkimas. Tačiau, kai tik bet kokio metalo paviršius pradeda oksiduoti ar rinkti purvą, jo sugėrimo koeficientas padidėja ir jo efektyvumas mažėja.

Pralaidumas — dauguma medžiagų, išskyrus stiklą ir tam tikrus plastikus, yra nepralaidus infraraudoniesiems spinduliams, ir energija yra sugerama arba atspindima. Perdavimo nuostoliai gali paprastai būti ignoruojami. Kelios medžiagos, tokios kaip stiklas, skaidraus plastiko plėvelės ir atviri audiniai, gali praleisti dideles porcijas krentančios spinduliuotės, todėl turi būti rūpestingai įvertintos.[2,5]

Projektuojama sistema turės būti ko efektyvesnė, todėl projektavimo etape reikia pasirinkti tinkamiausią sistemos konstrukciją ir medžiagas, naudojamas projektuojamos sistemos įgyvendinimui. Šiam tikslui pasiekti būtinas tinkamas supratimas apie termodinamikos dėsnius ir infraraudonųjų spindulių principus. Šios žinios leidžia pasiekti didesnę sistemos efektyvumą naudojant mažiau resursų.

## 1.2. Tolimasis IR spinduliavimas

IR spektre yra sritis, kur bangų ilgis yra maždaug nuo 7 iki 14 μm (ji vadinama IR diapazono ilgujų bangų dalimi), unikalai teigiamai veikianti žmogaus organizmą. Ši IR spinduliavimo dalis atitinka paties žmogaus kūno spinduliavimą, kurio didžiausias bangos ilgis yra apie 10 μm. Dėl šios priežasties bet kokį išorinį tokio ilgio bangų spinduliavimą mūsų organizmas priima kaip „savo“.



1.3 pav. Infraraudonasis spinduliavimo spektras[8]

Veikiant žmogaus organizmą IR diapazono ilgųjų bangų dalyje, vyksta reiškinys, vadinamas „rezonansine absorbcija“, kuriam vykstant organizmas aktyviai sugeria išorinę energiją. Dėl šio poveikio padidėja potenciali organizmo ląstelių energija, geriau veikia specifinės ląstelių struktūros, pakyla imunoglobulinų lygis, padidėja fermentų ir estrogenų aktyvumas, vyksta ir kitos biocheminės reakcijos. Tai susiję su visų tipų organizmų ląstelėmis ir krauju.

Keletas JAV mokslo laboratorijų (Dr. Masao Nakamura „O & P Medical Clinic“, Dr. Mikkel Aland „Infrared Therapy researches“ ir kt.) skelbia apie tyrimo metu gautus tolimojo IR spinduliavimo efektus:

- vėžio ląstelių augimo nuslopinimas;
- tam tikrų rūšių hepatito viruso sunaikinimas;
- neigiamo elektromagnetinių laukų poveikio neutralizavimas;
- distrofijos išgydymas;
- diabeto ligonių gaminamo insulino kiekio padidėjimas;
- radioaktyviojo apšvitinimo poveikio neutralizavimas;
- kepenų cirozės gydymas;
- psoriazės išgydymas arba jos stadijos palengvinimas. [6]

Taigi, IR bangos, skirtingai nei ultravioletiniai ar rentgeno spinduliai, visiškai nekenkia žmogui. Tinkamiausi naudoti IR spindulių šildymo elementai, kurių bango ilgis yra maždaug apie 10 μm.

### 1.3. Infraraudonųjų spindulių skleidžiamos šilumos poveikis žmogui

#### 1.3.1. Infraraudonųjų spindulių skleidžiamos šilumos teigiamas poveikis sveikatai

Apie susidomėjimą infraraudonųjų spindulių poveikiu sveikatai liudija publikacijos visame pasaulyje. Per pastaruosius 25 metus infraraudonųjų spindulių taikymo galimybes išsamiai tyrė japonų ir kinų mokslininkai, gydytojai, surinkę nemažai šios srities žinių. Japonijos gydytojai įsteigė Infraraudonųjų spindulių bendrovę („Infrarot-Gesellschaft“), kurios užduotis - tirti infraraudonųjų spindulių naudojimo galimybes gydomaisiais tikslais. Vokietijoje terapiniam gydymui infraraudonieji spinduliai naudojami jau daugiau kaip 25 metus.

Infraraudonųjų spindulių skleidžiama šiluma suteikia galimybę prie invalidų vežimėlio prikaustytiems arba kitokią negalią turintiems žmonėms, kurie negali dalyvauti aktyvių pratimų programose, tinkamai pasirūpinti apytakos ir širdies kraujagyslių sistema, be to, infraraudonųjų spindulių seansai gali būti sėkmingai sujungiami su aktyvių pratimų programomis.



NASA tyrimais nustatyta, kad stimuliuojamas infraraudonaisiais spinduliais - geriausias metodas siekiant palaikyti astronautų širdies kraujagyslių stabilią kondiciją ilgesnių kosminių skrydžių metu.

Guytono „Textbook of medical physiology“ rašoma, kad išskiriant vieną gramą prakaito sudeginama 0,586 kcal. Citata iš „JAMA“ leidinio: „Vidutinės fizinės kondicijos asmuo prakaituodamas saunoje be didesnių sunkumų išskiria iki pusės litro prakaito, tam sunaudodamas 300 kcal. Tai atitinka nubėgtą 3,5 - 5 km nuotolį. Prie karščio pripratęs asmuo prakaituodamas gali sunaudoti 600-800 kcal. Veikiant infraraudoniesiems spinduliams išskiriama labai daug prakaito, todėl, kalbant apie prakaituojant infraraudonųjų spindulių kabinoje sunaudojamą kalorijų kiekį, skaičiai yra tikrai įspūdingi. Infraraudonųjų spindulių sistema gali užimti centrinę vietą fitneso arba kitų sportinių pratimų programoje ir pakeisti tam tikrą varginančių pratimų dalį“.

Organizmo išvalymas nuo toksinų - būtina priemonė norint užkirsti kelią įvairioms ligoms ir sveikatos sutrikimams. Šalia sveikos mitybos, pasninkavimo ir įvairių dietų infraraudonųjų spindulių sistema siūlo platų patikrintų galimybių spektrą, kurie išeina už tradicinės medicinos ribų. Reguliarūs infraraudonųjų spindulių seansai – veiksminga, be to, paprasta naudoti ir nereikalaujanti didelių finansinių sąnaudų priemonė. Infraraudonųjų spindulių kabinoje metu išskiriamame prakaito yra vandens, riebalų, cholesterolio ir sunkiųjų metalų. Žmonių, besinaudojančių infraraudonųjų spindulių kabina, prakaitas buvo ištirtas ir palygintas su įprastinėje saunoje išskiriamu prakaitu.

1.2 lentelė

#### Seanso metu išskiriamų medžiagų palyginimas

| Išskiriama medžiaga | Įprastinė karštojo oro sauna | Infraraudonųjų spindulių sistema |
|---------------------|------------------------------|----------------------------------|
| Vanduo              | 95-97%                       | 80-85%                           |
| Kita                | 5-10 %                       | 15-20 %                          |

Palyginus yra matoma, kad infraraudonųjų spindulių kabinoje metu išskiriama dvigubai daugiau prakaito ir trigubai daugiau kitokių nei vanduo medžiagų, tai reiškia, kad šios sistemos sugebėjimas pašalinti kenksmingąsias medžiagas viršija tradicinės karštojo oro saunos galimybes šešis kartus.

Dietų specialistų nuomone, toksiškos medžiagos, kurių organizmas nesugeba pašalinti per tam tikrus organus, kaupiamos riebalų audinyje. Dr. Ishikawa (Japonija) teigia, kad riebalų audiniui suskaidyti reikalinga ne mažesnė kaip 450 C temperatūra. Infraraudonųjų spindulių skleidžiamos energijos šiluminis poveikis suteikia galimybę pasiekti minėtą temperatūrą riebalų audinyje, neapkraunant apytakos sistemos, todėl išskiriamų toksiškų medžiagų koncentracija (palyginus su įprastine karštojo oro sauna), yra žymiai didesnė. Reguliarūs infraraudonųjų spindulių seansai - optimalus būdas pašalinti iš organizmo kenksmingąsias medžiagas.

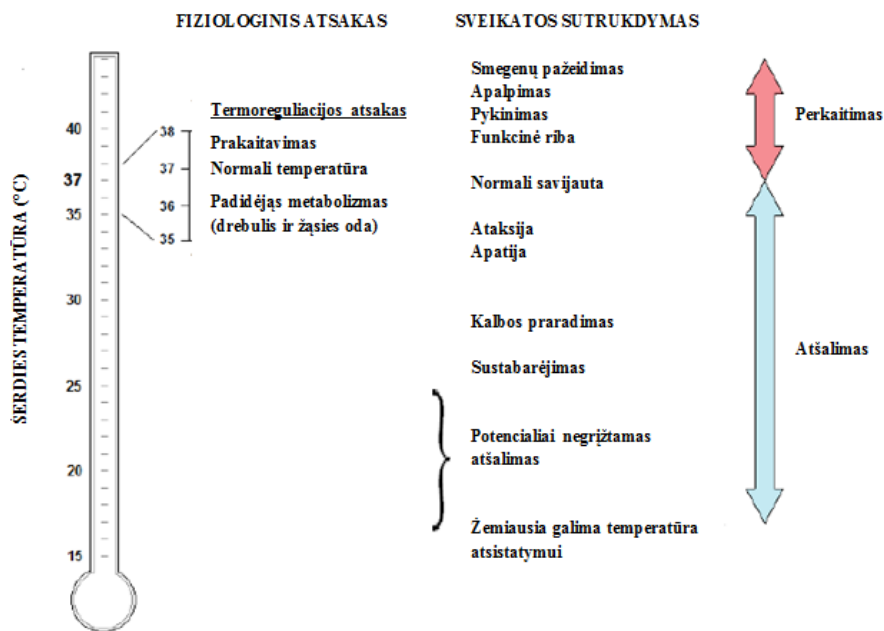
Infraraudonosios šilumos terapinis poveikis:

- 1) Infraraudonoji šiluma skatina audinio tempimąsi;
- 2) Padeda kovoti su galūnių sustingimu;
- 3) Sumažina raumenų įtempimą;
- 4) Malšina skausmus;
- 5) Stimuliuoja kraujo apytaką;
- 6) Skatina sveikimą uždegiminių procesų atveju.

Pastaraisiais metais infraraudonoji šiluma kaip gydomojo proceso sudėtinis elementas taikoma vis dažniau. Pagrindinės sritys: nesudėtingi audinio pažeidimai, klubo sąnario skausmai, menstruaciniai skausmai, neurodermitas, infekcinės egzemos, pooperacinės infekcijos, žvilgsnio paralyžius, viduriavimas, plaučių ir tulžies pūslės uždegimas, neurastenija, dubens uždegimas, nušalimai. Infraraudonųjų spindulių šiluma gydymo ir skausmų malšinimo praktikoje taikoma daugiau kaip keturiasdešimtyje prestižinių Kinijos klinikų. [7]

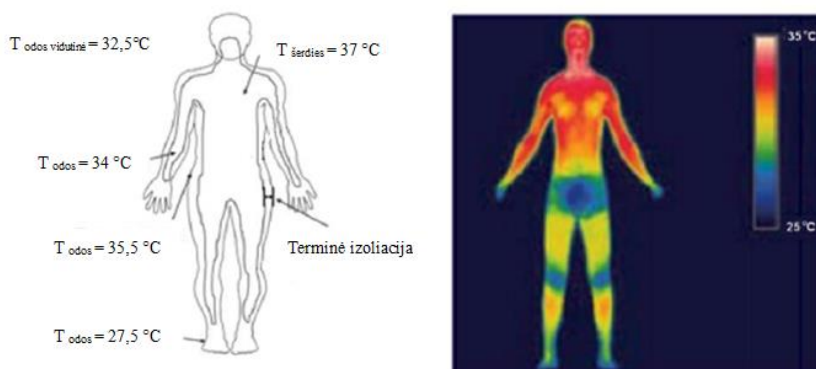
### 1.3.2. Žmogaus kūno temperatūros normos

Širdies kūno temperatūra turi būti palaikoma apie 37°C, normalus kūno temperatūros diapazonas gali būti tarp 36.2°C ir 37.7°C. Jei kūno temperatūra nepatenka į šį diapazoną žmogaus sveikatai gali iškilti rimtas pavojus. Todėl žmogaus termoreguliacinė sistema turi būti labai efektyvi kuriant širdies temperatūros kūno balansą tarp įvairių aplinkos kintamųjų. 1.4 pav. matomi galimi sveikatos sutrikimai, esant ekstremaliems kūno temperatūros pakitimams. Tai aiškiai rodo efektyvios kūno temperatūros reguliavimo svarbumą.



1.4 pav. Psichologinė reakcija priklausomai nuo kūno temperatūros[9]

Žmogaus oda yra arti idealaus "absoliučiai" juodo kūno, su sugėrimo koeficientu maždaug 0,98. Jis veikia kaip šilumos surinkėjas, kai kūnas yra karštas, ir izoliatorius, kai kūnas šąla. Lokali odos temperatūra apskritai svyruoja nuo 17 - 40°C, o vidutine temperatūra apie 33.2°C ± 1°C. Šiltoje aplinkoje odos temperatūra yra linkusi būti labiau vienoda, kol šaltoje aplinkoje ji yra linkusi būti nevienalytė, kur galva ir liemuo būna šiltesnis negu rankos ir kojos.[9]



1.5 pav. Žmogaus kūno temperatūros pasiskirstymas[9]

### 1.4.3. Žmogaus termoreguliacinė sistema

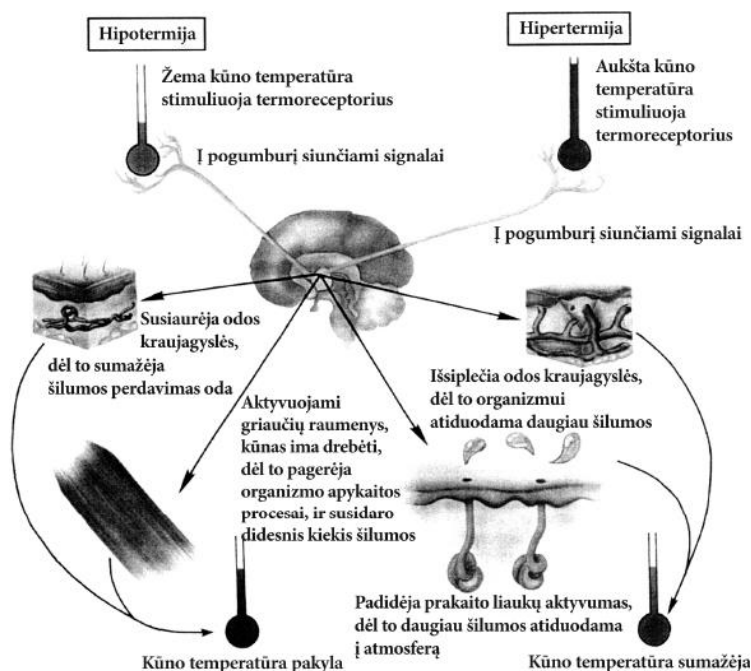
Žmogaus kūno šilumos reguliavimas yra sudėtingas procesas, susidedantis iš įvairių mechanizmų. Tai ir cheminių procesų — medžiagų apykaitos intensyvumo reguliavimas, ir fizinių procesų — nulemiančių šilumos atidavimo į aplinką intensyvumą. Šilumą žmogaus organuose kuria

egzoterminės cheminės reakcijos, kurios nuolatos vyksta kepenyse, raumenyse ir kituose organuose vykstant medžiagų apykaitos procesams. Žmogaus raumenys ir oda šilumos netenka greičiau nei vidaus organai, esantys kūno viduje (branduolyje).

Termoreguliacija priklauso nuo sudėtingos pagumburio priešregiamosios srities (*angl. preoptic*) funkcionavimo, kur didelis skaičius nervų išeina iš pagumburio į pailgąsias, vidurines ir stuburo smegenis bei simpatines ganglijas.

Termoreguliacijos procese dalyvauja trijų tipų pagumburio srities neuronai (1.6 pav.):

- Į šilumą jautrūs neuronai – įprastai aktyvuojami kai kūno temperatūra yra didesnė nei 37°C ir skatina atsakus, kurie aktyvina šilumos atidavimą į aplinką;
- Į šaltį jautrūs neuronai – įprastai yra aktyvuojami kai kūno temperatūra yra žemesnė nei įprastinė riba;
- Temperatūrai nejautrūs neuronai – priešingai nei į šilumą ar šaltį reaguojantys, nepadidina savo funkcionalumo kaip atsakas į temperatūros svyravimus, bet jie moduliuoja atsakus ateinančius iš į šilumai ar šalčiui jautrių neuronų.



1.6 pav. Pogumburio reikšmė termoreguliacijos procesui[10]

Odoje yra išsidėstę anatomiškai skirtingi šilumos ir šalčio receptoriai. Didėjant vietinės aplinkos temperatūrai (daugiau kaip 44–46°C), suaktyvėja šilumos receptorių veikla, kur padidėja pastovus impulsų kiekis (~35 impulsai/sekundę). Šalčio receptoriai, kitaip nei šilumos, padidina pastovų impulsų kiekį, kuomet vietinės aplinkos temperatūra sumažėja nuo 40 iki 24–28°C.

Šilumos apykaitos principą tarp aplinkos veikimo ir organizmo galima paaiškinti taip: tam, kad organizmas sugebėtų palaikyti pastovią savo kūno viduje temperatūrą, per visą evoliuciją susidarė sudėtingas termoreguliacijos mechanizmas. Organizmas nuolatos išskiria šilumą į aplinką.

Dauguma karščio apsikeitimo tarp kūno ir aplinkos įvyksta per odos paviršių konvekcijos, radiacijos/spinduliavimo ir garavimo būdais. Šie trys karščio perdavimo būdai priklauso nuo temperatūros ir odos drėgnumo, o juos įtakančios aplinkos sąlygos yra oro judėjimas, oro temperatūra ir jo drėgnumas, ir spinduliuojančių aplinkos paviršių, o juos įtakančios aplinkos sąlygos yra oro judėjimas.

Esant aukštai aplinkos temperatūrai, termoreguliaciją žmogaus organizme vykdo šie procesai:

- Šiluminis spinduliavimas į aplinką — priklauso nuo žmogaus kūno paviršiaus ir aplinkos temperatūros skirtumo;

- Drėgmės garinimas — prakaitavimas — priklauso nuo žmogaus kūno paviršiaus, kuris priklauso nuo aplinkos oro drėgmės ir oro judėjimo greičio;
- Laidumas — į aplinkos daiktus, prie kurių liečiamės, tai priklauso nuo kūno ir liečiamų paviršių temperatūrų skirtumo. Visa energija perduodama tiesioginio kontakto (lietimosi) metu.[10]

#### 1.4.4. Žmogaus organizmo atsakas į karščiavimą

Karščiavimas tai būklė, nusakanti pakilusią kūno temperatūrą. Tai ne liga pati savaime, tačiau nusako kūno reakciją į vidinius ir išorinius dirgiklius, praneša apie tai, kad kažkas mūsų organizme ne taip.[11]

Neseniai atliktos studijos atskleidė, jog prasidėjus karščiavimui suaktyvinama imuninė sistema, padidėja leukocitų bei interferono baltymų gamyba. Karščiuojant kraujyje sumažėja geležies, cinko, vario jonų, o tai neigiamai veikia bakterijų augimą. Aukšta temperatūra sukeldama lizosomų destrukciją, o tuo pačiu ir ląstelių, stabdo virusų replikaciją. Padidėjusi interferonų sintezė karščiavimo metu padeda organizmui kovoti su virusais.

Karščiuojant padidėja širdies susitraukimų dažnis. Temperatūrai padidėjus 1°C, pulsas padažnėja 10-15 tvinksnų per minutę. Dėl padidėjusio prakaitavimo ir vandens netekimo, sumažėja cirkuliuojančio kraujo kiekis, padidėja kraujo hematokrito vertė. Tai apsunkina širdies veiklą.

Karštesnis kraujas, rūgštūs medžiagų apykaitos produktai ir padidėjęs CO<sub>2</sub> kiekis audiniuose veikia kvėpavimo centrą. Kvėpavimas gali padažnėti iki 2-3 kartų.[12]

#### 1.4.5. Žmogaus širdies ritmas

Širdies ritmas (pulsas) yra vienas iš pagrindinių gyvybinių funkcijų rodyklių – rodantis kiek kartu per minutę mūsų širdis susitraukia (sutvinksi). Mūsų širdies ritmas pakyla su tikslu pristatyti daugiau deguonies ir energijos kūno aktyvumo poreikiams patenkinti. Žmonių širdies ritmas yra labai skirtingas, tai priklauso nuo to, ką jūs veikiate, koks jūsų sportiškumo lygis, kokius vaistus vartojate ar koks jūsų amžius.

Širdies ritmas ramybės būsenoje yra tarp 60 ir 100 dūžių per minutę. Paprastai kuo sveikesnis esate, tuo jūsų širdies ritmas yra mažesnis. Sportininko širdies ritmas gali būti 40 tvinksnų ir retais atvejais, dar mažiau, ramybės būsenoje per minutę.[13]

Maksimalus širdies susitraukimų dažnis, tai didžiausias skaičius kartų, kiek jūsų širdis gali mušti per minutę. Tai išmatuoti ypač naudinga sportininkams, kad jie galėtų įvertinti savo treniruočių intensyvumą. Yra atliktas ne vienas tyrimas ir pateiktos įvairios formulės leidžiančios mums apskaičiuoti maksimalų širdies susitraukimų dažnį:

1. Pirmoji formulė yra dažniausiai naudojama[14]:

$$\text{Vyrams} - \check{S}R_M = 220 - \text{amžius} \quad (1.2)$$

$$\text{Moterims} - \check{S}R_M = 226 - \text{amžius} \quad (1.3)$$

$\check{S}R_M$  – Maksimalus širdies ritmas

2. Antroji formulė yra Karvonen metodas[14]:

$$\check{S}R = \left( (\check{S}R_M - \check{S}R_p) \cdot \text{int} \% \right) + \check{S}R_p \quad (1.4)$$

$\check{S}R_p$  – Poilsio širdies ritmas.

*int%* – intensyvumas norimas širdies ritmo.

3. Trečioji formulė yra daktaro Dano Heilo metodas[14]:

$$M\check{S}_R = 211,415 - (0,5 \cdot am\check{z}ius) - (0,11 \cdot s\check{v}oris(kg)) + 4,5 \quad (1.5)$$

Nors yra įvairių būdų išmatuoti maksimalų širdies susitraukimų dažnį, tačiau pats tiksliausias būdas yra kreiptis pas kardiologą arba fiziologą.

Kadangi infraraudonųjų spindulių sistemos naudojamos sveikatos gerinimo ir svorio metimo tikslais, yra aktualu žinoti žmogaus širdies ritmą, esant kuriam riebalai deginami efektyviausiai.

| Amžius |              | Atsigavimo zona |     | Riebalų deginimo zona |     | Pagrindinė aerobinė zona |     | Anaerobinio slenksčio zona |     |
|--------|--------------|-----------------|-----|-----------------------|-----|--------------------------|-----|----------------------------|-----|
| Amžius | Maks. pulsas | 50 %            | 63% | 65%                   | 70% | 75%                      | 80% | 85%                        | 90% |
| 15     | 205          | 103             | 123 | 133                   | 144 | 154                      | 164 | 174                        | 185 |
| 18     | 202          | 101             | 121 | 131                   | 141 | 151                      | 162 | 172                        | 182 |
| 21     | 199          | 100             | 119 | 129                   | 139 | 149                      | 159 | 169                        | 179 |
| 24     | 196          | 98              | 117 | 127                   | 137 | 147                      | 157 | 167                        | 176 |
| 27     | 193          | 96              | 116 | 125                   | 135 | 145                      | 154 | 164                        | 174 |
| 30     | 190          | 95              | 114 | 123                   | 133 | 143                      | 152 | 161                        | 171 |
| 33     | 187          | 94              | 112 | 121                   | 131 | 140                      | 150 | 159                        | 168 |
| 36     | 184          | 92              | 110 | 120                   | 129 | 138                      | 147 | 156                        | 166 |
| 39     | 181          | 90              | 109 | 118                   | 127 | 136                      | 145 | 154                        | 163 |
| 42     | 178          | 89              | 107 | 116                   | 125 | 134                      | 142 | 151                        | 160 |
| 45     | 175          | 88              | 105 | 114                   | 123 | 131                      | 140 | 149                        | 158 |
| 50     | 170          | 85              | 102 | 111                   | 119 | 128                      | 136 | 145                        | 153 |
| 55     | 165          | 83              | 99  | 107                   | 116 | 124                      | 132 | 140                        | 149 |
| 60     | 160          | 80              | 96  | 104                   | 112 | 120                      | 128 | 136                        | 144 |

1.7 pav. Žmogaus pulso zonos pagal amžių[15]

Mokslinių tyrimų rezultatais yra nustatytos 5 intensyvumo zonos pagal žmogaus pulsą:

- 1) Mažo intensyvumo zona 50-60 proc. nuo maksimalaus pulso;
- 2) Riebalų deginimo zona 60-70 proc. nuo maksimalaus pulso;
- 3) Pagrindinė aerobinė zona 70-80 proc. nuo maksimalaus pulso;
- 4) Laktato kaupimosi zona 80-90 proc. nuo maksimalaus pulso;
- 5) Raudonoji zona 90-100 proc. nuo maksimalaus pulso.[15]

#### 1.4.6. Bendras kraujo tyrimas

Bendras kraujo tyrimas (BKT) – pats pirminis profilaktinis kraujo sudėties tyrimas, kuris parodo kraujo forminių elementų (eritrocitų, trombocitų, leukocitų) ir kitų netipinių ląstelių (LUC) kiekį, tūrį, formą, pasiskirstymą pagal rūšį. Bendras kraujo tyrimas parodo uždegimus, mažakraujystę, padeda atskirti bakterinės kilmės ir virusinės kilmės infekcijas.[30]

1.3 lentelė

#### Bendras kraujo tyrimas

| Analizė           | Matavimo vienetai  | Normos ribos                       | Analizės reikšmė   |
|-------------------|--------------------|------------------------------------|--|
| WBC (leukocitai)  | $\times 10^9/l$    | 4.0-8.0                            | Leukocitų skaičius yra uždegimo rodiklis, tačiau gali kisti esant kitoms būklėms (leukemija, anemija, dishormoninės būklės ir t.t.). Leukocitų skaičius dažniausiai pakyla kurios nors leukocitų klasės sąskaita.  |
| RBC (eritrocitai) | $\times 10^{12}/l$ | Moterims 4.1-5.1<br>Vyrams 4.5-5.9 | Eritrocitai perneša deguonį ir kitas kraujo dujas, turi antigenus, pagal kuriuos nustatomos kraujo grupės. Eritrocitų skaičius pakyla trūkstant deguonies audiniuose (širdies ydos, hipoksija), suintensyvėjus eritropoetino gamybai (inkstų navikai, testosterono |

|                    |                     |                                    |  |
|--------------------|---------------------|------------------------------------|--|
|                    |                     |                                    | vartojimas), esant dehidratacijai. Esant geležies stokos anemijai, RBC, HGB ir MCV mažėja.   |
| HGB (hemoglobinas) | g/l                 | Moterims 123-153<br>Vyrams 140-175 | Pernešanti deguonį iš plaučių į audinius. Svarbiausias nebaltyminės HGB dalies (hemo) jonas yra geležis. Trūkstant geležies sutrinka hemo sintezė, HGB kiekis mažėja, audiniuose vystosi deguonies badas (hipoksija). Eritrocitų skaičius mažėja lėčiau, nei HGB.  |
| PLT (trombocitai)  | x10 <sup>9</sup> /l | 130-400                            | Mažiausios kraujo ląstelės, užtikrinančios kraujo krešėjimą. Fizinis krūvis, stresas gali sukelti fiziologinę trombocitozę (PLT↑). Pirminė trombocitozė būdinga piktybinei kraujo ligai mielofibrozei. Antrinės trombocitozės būna dėl lėtinių uždegimų, chirurginių manipuliacijų, geležies stokos, anemijos. Trombocitopenijos (PLT↓) būna dėl sumažėjusios trombocitų gamybos kaulų čiulpuose (Vit. B12, folio r. stoka), pagreitetusio PLT ardymo kraujyje ir blužnyje. Medikamentai (chemoterapija, imunosupresantai, estrogenai), piktybinės ligos (ypač leukemijos, metastazės į kaulus), virusinė infekcija (EBV, CMV, ŽIV, virusiniai hepatitai) sukelia autoimuninę trombocitopeniją, kai suaktyvinta imuninė sistema pradeda ardyti trombocitus.  |
| LY (limfocitai)    | x10 <sup>9</sup> /l | 1.0-4.5                            | Svarbiausios ląstelės, formuojančios imunitetą (25-30% visų leukocitų). LY palaiko genetinę organizmo švarą: T-limfocitai sudaro antikūnų biosintezės programą, kurią vykdo B-limfocitai. T-LY atsakingi už ląstelinį, B-LY už humoralinį imunitetą. Dažniausia limfocitozės (LY↑) priežastis yra virusinė infekcija. Ūmi bakterinė infekcija, išskyrus kokliušą, limfocitozės paprastai nesukelia. Lėtinės infekcijos, kaip TBC, sifilis, bruceliozė gali pasireikšti limfocitoze. Limfocitopeniją (LY↓) gali sukelti sunki virusinė infekcija (ŽIV, hepatitas, gripo virusas), chemoterapija, spindulinis gydymas, Zn stygius maiste, baltymų netekimas, vaistai, slopinantys imunitetą. Esant virusinei infekcijai atsiranda limfocitai, turintys "virusio sudirginimo" požymių – atipiniai limfocitai, plazminės ląstelės, mononuklearai. Nustačius leukocitozę ir visais neaiškiais atvejais būtina atlikti leukogramą. |

Atsižvelgus į įvairių tyrimų rezultatus infraraudonųjų spindulių skleidžiamos šilumos poveikis žmogaus organizmui yra teigiamas. Infraraudonųjų spindulių skleidžiamos šilumos sistemos naudojamos gydymui nuo įvairiausių sveikatos sutrikimų, tačiau netinkamas jų naudojimas gali sutrikdyti žmogaus sveikatą. Žmogaus kūno temperatūros kilimas labai priklauso nuo individualių organizmo savybių. Esant natūraliomis sąlygomis kiekvienas individualiai pasirenkame kaitinimosi temperatūrą ir trukmę, tačiau tai gali padaryti ir infraraudonųjų spindulių sistemos. Šios sistemos turi savyje integruota galimybę stebėti ir kaupti duomenys apie vartotojo fiziologinius parametrus (širdies ritmą, kūno temperatūrą), atsižvelgti į jo pageidavimus ir parinkti jam tinkamiausius seanso parametrus.

## 2. INFRARAUDONŲJŲ SPINDULIŲ VALDYMO SISTEMOS

Infraraudonųjų spindulių pirtis paremta natūraliomis bangomis, kurias skleidžia infraraudonųjų spindulių lempos. Paprastai tai būna nedidelė kabina, iškalta medžiu. Šios pirties privalumas tas, kad ją galima įsirengti net bute. Optimalia temperatūra joje laikomi 45 – 50 laipsnių karščio. Veikiamas infraraudonųjų spindulių bangų, kūnas giliai ir tolygiai išyla. Žmogus gausiai prakaituoja, netekdamas nereikalingų skysčių. Tai puikus būdas išsivaduoti nuo lengvų patinimų, pavyzdžiui, PMS periodu. Infraraudonųjų spindulių šiluma rekomenduojama žmonėms, kenčiantiems nuo lėtinio nuovargio ir depresijos. Seanso trukmė paprastai neviršija pusvalandžio. Po šios pirties rekomenduojamas kontrastinis dušas. Tačiau prieš einant į šią pirtį maudytis nereikia, kad skysčių pasišalinimas vyktų intensyviau. Geriausia šioje pirtyje lankytis kartą per savaitę. Priešingu atveju rizikuosite sutrikdyti termoreguliacijos procesus ir pakenkti širdžiai. Infraraudonųjų spindulių sauna – nepakeičiamas dalykas atstatant raumenis po intensyvių krūvių.[16]

### 2.1. Infraraudonųjų spindulių saunų palyginimas

Rinkoje yra nemažai infraraudonųjų spindulių valdymo sistemų, kurios skiriasi savo matmenimis, galingumu, bei funkcionalumu. Lentelėje 2.1 yra pateikti duomenys infraraudonųjų spindulių saunų, kurios yra parduodamos Lietuvoje.

2.1 lentelė

**Infraraudonųjų spindulių saunų palyginimas**

| Saunos           | Galingumas, W | Matmenys, mm   | Žmonių skaičius | Kaina, € |
|------------------|---------------|----------------|-----------------|----------|
| S1               | 1200          | 900x1050x1900  | 1               | 1125     |
| 1L               | 1200          | 900x900x1900   | 2               | 990      |
| BIBIONE 1 ION    | 1340          | 900x900x1900   | 1               | 1100     |
| SPLIT 1B         | 1400          | 900x900x1900   | 1               | 970      |
| KORSIKA 1 ION    | 1400          | 900x950x1900   | 1               | 1110     |
| EC2              | 1600          | 1200x1200x1900 | 2               | 1155     |
| 2L               | 1600          | 1200x1050x1900 | 2               | 1245     |
| S2               | 1600          | 1200x1200x1900 | 2               | 1250     |
| 3LC              | 1600          | 1500x1500x1900 | 3-4             | 1880     |
| T1               | 1620          | 900x1200x1900  | 2               | 1360     |
| T2               | 1620          | 1200x1200x1900 | 2               | 1700     |
| T3               | 1800          | 1530x1250x1900 | 3               | 1800     |
| MALLORCA 2 ION   | 1820          | 1050x1200x1900 | 2               | 1190     |
| MALLORCA 2 CEION | 1820          | 1050x1200x1900 | 2               | 1390     |
| LANZAROTE 2 ION  | 1820          | 1050x1200x1900 | 2               | 1470     |
| CHALKIDIKI 2 ION | 1820          | 1050x1200x1900 | 2               | 1230     |
| RIMINI 2 B       | 1820          | 900x1200x1900  | 2               | 1050     |
| RIMINI 2 N       | 1820          | 900x1200x1900  | 2               | 1030     |
| T3C              | 1920          | 1500x1500x1900 | 3               | 2150     |
| T4               | 1920          | 1750x1350x1900 | 3               | 1850     |
| 3L               | 2000          | 1530x1100x1900 | 3               | 1730     |
| S4C              | 2000          | 1500x1500x1900 | 3-4             | 1990     |
| RHODOS 2 CEION   | 2000          | 1250x1250x1900 | 2               | 1700     |
| RHODOS 2 ION     | 2000          | 1250x1250x1900 | 2               | 1440     |
| S3               | 2100          | 1530x1250x1900 | 3               | 1430     |
| S4               | 2100          | 1750x1350x1900 | 4               | 1660     |

Apžvelgus Infraraudonųjų spindulių saunų funkcionalumą ir jų valdymo galimybes pastebėta, kad didžiojoje dalyje sistemų yra įdiegtas valdymo pultas, kuris suteikia galimybę nustatyti seanso

laiką, saunos temperatūrą, bei valdyti muzikos grotuvą. Peržvelgus infraraudonųjų spindulių valdymo sistemų specifikacijas nepavyko rasti duomenų apie sistemų galimybę valdyti jas nuotoliniu būdu ir apie žmogaus fiziologinių parametrų stebėjimą realiu laiku. Taip pat specifikacijose neužsimenama apie apsaugos priemones, kurios galėtų įspėti vartotoją ir išjungti sistemą, apsaugant vartotoją ir sistemą nuo galimo pavojaus.

## 2.2. Infraraudonųjų spindulių šildymo elementų analizė

Rinkoje galima rasti šildytuvus kurie skirstomi į penkias kategorijas pagal šildymo elementus:

- Teniniai/Spinduliniai šildytuvai;
- Kvarciniai šildytuvai;
- Keramikiniai šildytuvai;
- Halogeniniai šildytuvai;
- Anglies pluošto šildytuvai.

### 2.2.1. Teniniai/Spinduliniai šildytuvai

Teniniai/spinduliniai infraraudonųjų spindulių šildytuvai skirti šildyti patalpoms su aukštomis lubomis (nuo 3 iki 8 m). Šie šildytuvai gali būti naudojami ir lauko erdvių šildymui, kaip darbo aikštelės, stadionai ir kt.



2.1 pav. Teniniai/Spinduliniai šildytuvai[17]

Net jei patalpos nėra visiškai šildomos, šie šildytuvai idealiai tinka zoniniam šildymui, kur didelės erdvės šildymas ypač neekonomiškas. Net jei ir oro temperatūra patalpoje yra mažesnė, tačiau juntamas komfortas išlieka optimalus. IP44 apsaugos klasė leidžia šiuos šildytuvus naudoti ypač drėgnose ar net dulkėtose patalpose. Šildytuvų galia gali siekti iki 4000W. Maksimali darbinio paviršiaus temperatūra iki 1100°C.[17]

### 2.2.2. Kvarciniai šildytuvai

Tai infraraudonųjų spindulių šildytuvai naudojantys kvarcinius šildymo elementus. Juos galima naudoti tiek namų erdvių, tiek pramoninių patalpų zoniniam ir papildomam ar pagrindiniam šildymui. Jų kaitinimo elementas pagamintas iš kvarco, todėl tai užtikrinai daugiau nei 8000 val. tarnavimo laiką.





**2.2 pav.** Kvarcinis šildytuvas[17]

Taip pat priklausomai nuo modelio - jie turi IP55 saugos klasę, kas leidžia juos naudoti net ir lauke, atšiauriu oru. Šildytuvų galia gali siekti iki 2900W. Maksimali darbinio paviršiaus temperatūra iki 1100°C.[17]

#### *2.2.3. Keramikiniai šildytuvai*

Tai infraraudonųjų spindulių šildytuvai, turintys keraminius kaitinimo elementus. Šių šildytuvų pagrindiniai privalumai yra tie, kad jie neskleidžia jokios šviesos ir dirba vidutinių bangų diapazone. Šie šildytuvai idealūs tuo atveju, kai yra mažai vietos ir dirbama prie pat šildytuvo, nes jų skiedžiama šiluma nėra tokia "aštri".



**2.3 pav.** Keramikinis šildytuvas[17]

Šildytuvų galia gali siekti iki 4500W. Maksimali darbinio paviršiaus temperatūra iki 900°C.[17]

#### *2.2.4. Halogeniniai šildytuvai*

Tai infraraudonųjų spindulių šildytuvai, skirti tiek pramoninių, tiek lauko terasų ar kitų erdvių šildymui. Šių šildytuvų pritaikymo galimybės itin įvairios. Saugos klasė gali siekti iki IP66. Šildymo elementai gali būti kelių rūšių, taip pat jie ilgaamžiai ir efektyvūs, pasižymi aukšta kokybe.

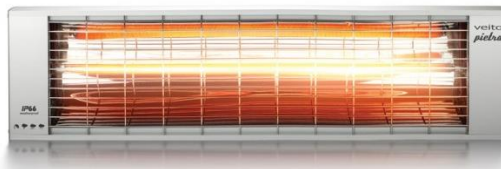


**2.4 pav.** Halogeninis šildytuvas[17]

Šildytuvų galia gali siekti iki 6000W. Maksimali darbinio paviršiaus temperatūra iki 1800°C.[17]

### 2.2.5. Anglies pluošto šildytuvai

Tai infraraudonųjų spindulių šildytuvai, skirti naudoti ir nuolatiniam namų, biuro ar kitų patalpų šildymui, veikimo principas, kaip infraraudonųjų spindulių šildymo plokščių arba šildymo plėvelių. Atsparus vandeniui, drėgmei, saugos klasė gali siekti iki IP66. Galima naudoti ir lauke, žiemą-vasarą. Anglies pluošto šildymo elementai - efektyvus ir ekonomiškai, kaitinimo elementų veikimo laikas daugiau nei 12000 val. Jų galia gali siekti iki 2500W.



2.5 pav. Anglies pluošto šildytuvai[17]

Šildymo elementų pasirinkimą infraraudonųjų spindulių sistemai įtakoja keli veiksniai. Sistema yra apribota tam tikro ploto ir yra uždara, tai reiškia, kad šildymo elementų darbinio paviršiaus temperatūra negali būti labai aukšta (viršyti 100°C). Reikia į tai atsižvelgti, kadangi žmogui gali grėsti pavojus nusideginti, jeigu jis stovės ne pakankamai toli nuo šildymo elementų. Taip pat šildymo elementai turi būti lengvi ir užimti ko mažiau vietos, taip sumažinant bendrą sistemos svorį ir gabaritus, bei padidinant sistemos mobilumą. Dėl savo paprasto įrengimo įvairiuose konstrukcijose, tolygaus šilumos pasiskirstymo per visą šildymo plotą ir mažesnių energijos sąnaudų, šios reikalavimus geriausiai tenkina anglies pluošto šildytuvai, o tiksliau: plėveliniai anglies pluošto šildymo elementai.

### 2.3. Infraraudonųjų spindulių plėvelinių anglies pluošto šildymo elementų analizė

Šildymo plėvelė gali būti montuojama į įvairaus tipo grindis: į betonuotą grindinį, po plytelėmis, po medžio ar laminato grindimis ir pan. Įjungus sistemą elektros srovei tekant per plėvelės anglies pluošto plotą, sukuriama infraraudonųjų spindulių emisija arba spinduliuotė, kurios bangos ilgis yra 6-20µm. Tai ilgosios bangos – tas šiluminis spektras, kurį spinduliuoja ir pats žmogaus kūnas. [18]



2.6 pav. Infraraudonųjų spindulių plėvelės[18]

Plėvelių privalumai:

- Neteršiantis aplinkos (ekologiškai švarus) šildymo būdas, nėra dūmų, smalkių;
- Neskleidžia žmogui kenksmingų mikrobangų;
- Gerinantis mikro klimatą šildymo būdas, nes nesusausina oro, neišdegina deguonies, panaikina kvapus (tabako, gyvūnų ir pan.), sunaikina pelėsio užuomazgas ir neleidžia užsimegzti grybeliui patalpose;

- Naudojantis mažus energijos kiekius produktas (net 30% mažiau nei kitas elektrinis šildymas);
- Tolygiai paskirsto šilumą per visą šildymo plotą;
- Greitai apšildo patalpas;
- Gali būti įrengiamas tiek grindyse tiek sienose, ar kituose elementuose;
- Užtikrina tylų veikimą šildant patalpas. [18]

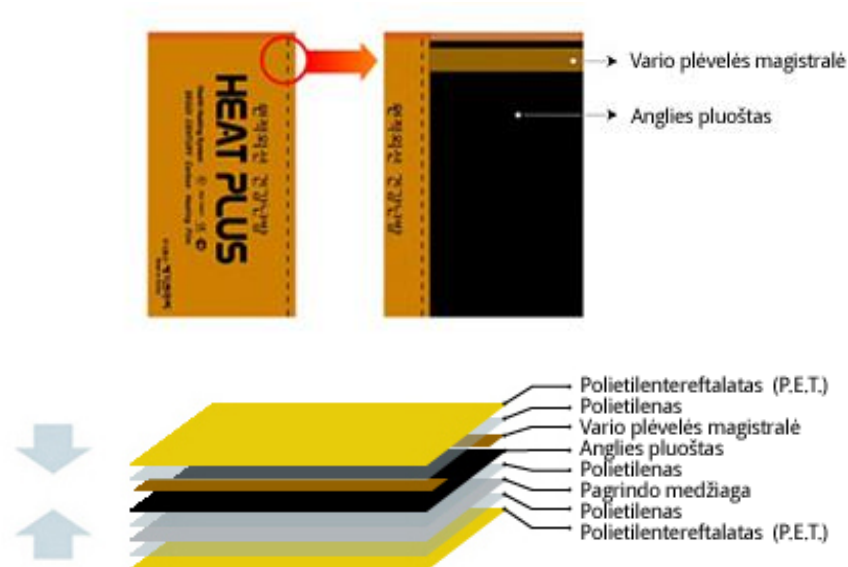
Rinkoje klientams siūlomi 2 pagrindiniai anglies pluošto plėveliniai šildymo elementai:

- Pilnai padengta plėvelė;
- Juostinio tipo plėvelė.

### 2.3.1. Pilnai padengtos infraraudonųjų spindulių plėvelės

Pilnai padengtą plėvelę sudaro vidinio polietileno ir polietilentereftalato laminatas ir anglies pluošto danga. Specialia technologija pagaminta danga šyla visu paviršiumi, o plėvelės pagrindo laminatas nepraleidžia vandens, oro ir drėgmės bei suteikia tvirtumą.

Pilnai padengta plėvelė yra tokios sandaros, kad yra patikimai apsaugota nuo kibirkščių ir defektų, kuriuos gali sukelti vario plėvelės magistralė po jos dengimo anglies milteliais.



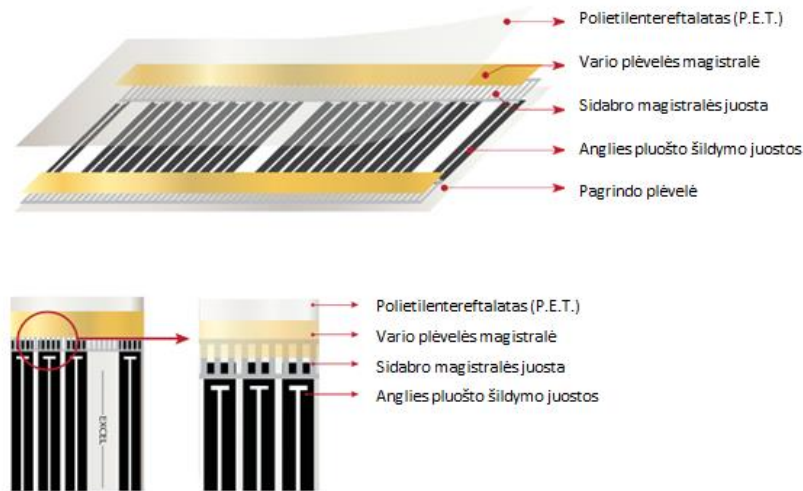
2.7 pav. Pilnai padengtos šildymo plėvelės struktūra[19]

Plėvelė spinduliuoja iš savo paviršiaus ilgusius infraraudonuosius spindulius (bangos ilgis 5 - 20  $\mu\text{m}$ ). Plačiau apie plėvelės specifikacijas pateikta 2.2 lentelėje. [19]

### 2.3.2. Juostinio tipo infraraudonųjų spindulių plėvelės

Juostinio tipo plėvelė pagaminta aukštos kokybės sluoksniuotos polietilentereftalato plėvelės pagrindo ir juostomis suformuoto anglies pluošto dangos. Ji daug tvirtesnė ir stabilesnė lyginant su rinkoje pateikiamomis kitomis skaidriomis šildymo plėvelėmis.

Juostinio tipo plėvelė blokuoja elektrodų kibirkščiavimą per specialias sidabrinės magistralės šynas, pagamintas naudojant sidabro pastą iš Japonijos. [20]



2.8 pav. Juostinio tipo šildymo plėvelės struktūra[25]

2.2 lentelė

**Pilnai padengtų ir juostinio tipo plėvelių specifikacijos**

| Kategorija      | Modelis    | Plotis (cm) | Storis (mm) | Galios sąnaudos (W/m) | Temperatūra | Izoliacija | Pastabos                 |
|-----------------|------------|-------------|-------------|-----------------------|-------------|------------|--------------------------|
| Pilnai padengta | HP-AEN-100 | 100         | 0,8         | 220 W                 | 0~50°       | 0~80°      | Bendrasis šildymas 230 V |
| Pilnai padengta | HP-APN-100 | 100         | 0,8         | 350 W                 | 0~70°       | 0~100°     | Saunoms 230 V            |
| Pilnai padengta | HP-APN-410 | 100         | 0,5         | 220 W                 | 0~50°       | 0~80°      | Bendrasis šildymas 230 V |
| Pilnai padengta | HP-APH-510 | 100         | 0,5         | 450 W                 | 0~80°       | 0~100°     | Saunoms 230 V            |
| Pilnai padengta | ESN1000    | 100         | 0,5         | 230 W                 | 0~50°       | 0~80°      | Bendrasis šildymas 230 V |
| Juostinio tipo  | HP-SPN-310 | 100         | 0,338       | 210-230 W             | 0~50°       | 0~80°      | Bendrasis šildymas 230 V |
| Juostinio tipo  | HP-SPN-308 | 80          | 0,338       | 170-190 W             | 0~50°       | 0~80°      | Bendrasis šildymas 230 V |
| Juostinio tipo  | HP-SPN-305 | 50          | 0,338       | 100-120 W             | 0~50°       | 0~80°      | Bendrasis šildymas 230 V |
| Juostinio tipo  | EX310      | 100         | 0,338       | 220W                  | 0~50°       | 0~80°      | Bendrasis šildymas 230 V |
| Juostinio tipo  | EX305H     | 50          | 0,338       | 200W                  | 0~60°       | 0~80°      | Saunoms 230 V            |
| Juostinio tipo  | EX205      | 50          | 0,275       | 110W                  | 0~50°       | 0~80°      | Bendrasis šildymas 230 V |

Palyginus rinkoje esančius skirtingus plėvelinius šildymo elementus naudojamus infraraudonųjų spindulių šildyme pastebima, kad saunoms dažniausiai naudojamos elektrinio šildymo plėvelės, kurių temperatūra siekia 60~80°C. Taip pat paliginus pilnai padengtų ir juostinio tipo plėvelių struktūras pastebėta, kad pažeidus juostinio tipo šildymo plėvelių nors vieną fragmentą, neveikia tik

tam fragmentui priklausanti juosta, tai vyksta dėl lygiagrečios kiekvienos juostos jungimo prie šinos. To tarpu pažeidus pilnai padengtų šildymo elementų plėvelių fragmentus, jos tampa nebetinkamos naudoti. Atsižvelgus į tai, projektuojamai sistemai geriausiai naudoti juostinio tipo šildymo plėvelės skirtas saunoms.

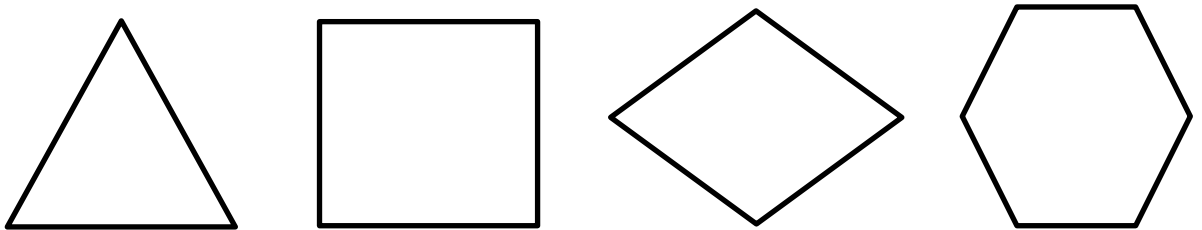
### 3. INFRARAUDONŲJŲ SPINDULIŲ VALDYMO SISTEMOS PROJEKTAVIMAS

Prieš pradėdant projektuoti infraraudonųjų spindulių valdymo sistemą buvo nusistatyti šie pagrindiniai reikalavimai:

- turi būti parinkta optimali sistemos karkaso forma;
- sistema turi būti mobili, ją galima paprastai perkelti į kitą vietą ;
- šildymo elementai turi būti parinkti pagal nustatytą formą;
- sistema turi būti valdoma nuotoliniu būdu, panaudojant išmaniąsias programėles;
- sistema turi stebėti žmogaus kūno parametrus realiu laiku;
- sistemoje turi būti integruotos apsaugos priemonės, saugančios žmogų nuo neigiamo poveikio sveikatai.

#### 3.1. Infraraudonųjų spindulių valdymo sistemos karkaso projektavimas

Siekiant suprojektuoti efektyviausią infraraudonųjų spindulių valdymo sistemos karkasą, būtina atsižvelgti į karkaso plotą, todėl skaičiavimams pasirenkamos keturios figūros. (3.1. pav.). Pasirenkamas bendras perimetras visoms figūroms. Nagrinėjama kaip kinta figūrų plotas didėjant kraštinių skaičiui. Sąlyginai pasirenkamas perimetras kuris lygus 300 cm.



3.1 pav. Pagrindinės analizuojamos formos

Atlikti visų keturių figūrų plotų skaičiavimai yra pateikti 1 priede, o gauti rezultatai pateikti figūrų dydžių paliginimo lentelėje.

3.1. lentelė

Figūrų dydžių paliginimas

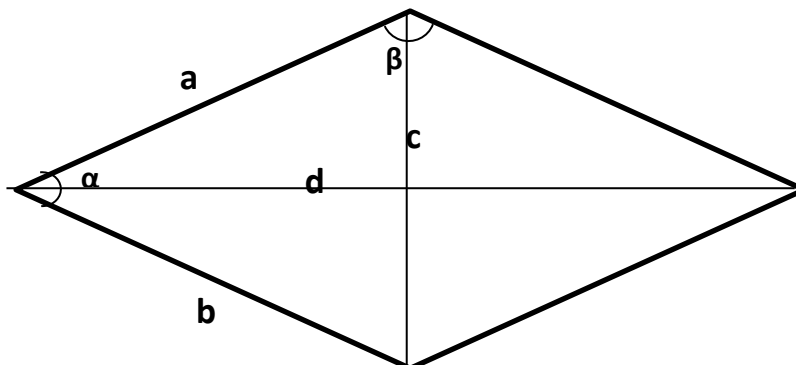
| Matmenys        | Lygiašonis trikampis | Kvadratas            | Rombas              |                     |                     |                     | Taisyklingasis šešiakampis |
|-----------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------------|
|                 |                      |                      | $\alpha = 50^\circ$ | $\alpha = 60^\circ$ | $\alpha = 70^\circ$ | $\alpha = 80^\circ$ |                            |
| Kraštinės ilgis | 100 cm               | 75 cm                | 75 cm               | 75 cm               | 75 cm               | 75 cm               | 50 cm                      |
| Plotas          | 4330cm <sup>2</sup>  | 5625 cm <sup>2</sup> | 4309cm <sup>2</sup> | 4871cm <sup>2</sup> | 5286cm <sup>2</sup> | 5540cm <sup>2</sup> | 6495cm <sup>2</sup>        |

Lyginant gautus rezultatus pastebima, jog perimetrui nepakitus didžiausią pagrindo plotą užima taisyklingasis šešiakampis. Lygiašonio trikampio plotas vienas mažiausių, tačiau jis tik turi tris sienas. Jo šildymo galia bus mažesnė nei kitų figūrų turinčių daugiau sienų. Kvadrato plotas yra didesnis nei rombo, todėl rombas yra tinkamesnė figūra. Vis dėlto, lieka neatsakytas klausimas, kokių kampų reikėtų sulenkti rombo kraštines, kad žmogui būtų patogiau stovėti, plokštės spinduliuotų pakankamai galios ir plotas būtų mažiausias.

##### 3.1.1. Rombo kampo tarp kraštinių parinkimas

Žinant vidutinius suaugusių žmonių antropometrinius duomenis galima apskaičiuoti tinkamiausią rombo kampą tarp kraštinių. Iš suaugusiųjų gyventojų antropometrinių duomenų

rezultatų, žinoma, kad didžiausias pečių plotis yra 43,7 cm., o didžiausias sagitalinis plotis yra 27,6 cm.



3.2 pav. Rombas su pažymėtomis kraštinėmis

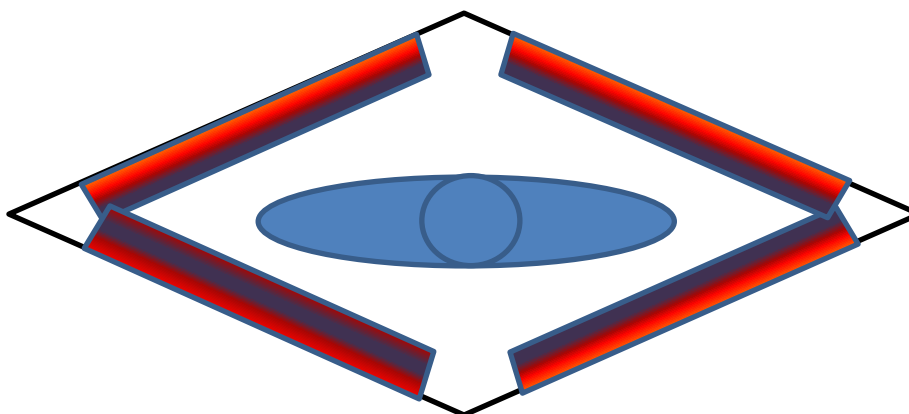
Atsižvelgiant į šiuos matmenis yra ieškomas rombo kraštinių sulenkimo kampas. 3.2 pav. matomas rombas su pažymėtomis kraštinėmis. Žinant, kad rombo visos kraštinės yra lygios apskaičiuojama, kad  $a = b = 75$  cm.. Panaudojant kosinusų teoremą, apskaičiuojamos įstrižainės  $c$  ir  $d$ . Visi skaičiavimai pateikti 1 priede.

3.2 lentelė

Rombo didžių paliginimas

| Matmenys        | 1 rombas            | 2 rombas            | 3 rombas            | 4 rombas            |
|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Kampas $\alpha$ | 50°                 | 60°                 | 70°                 | 80°                 |
| Kampas $\beta$  | 130°                | 120°                | 110°                | 100°                |
| Įstrižainė $c$  | 63,4 cm             | 75 cm               | 86 cm               | 96,4 cm             |
| Įstrižainė $d$  | 135,9 cm            | 129,9 cm            | 122,9 cm            | 114,9 cm            |
| Plotas          | 4309cm <sup>2</sup> | 4871cm <sup>2</sup> | 5286cm <sup>2</sup> | 5540cm <sup>2</sup> |

Iš rombo dydžių palyginimo lentelės pastebima, kad visi rombai tenkina sąlygą. Kiekviename iš jų žmogus gali stovėti nesiliesdamas prie plokščių. Visgi, 3 ir 4 rombai yra laikomi netinkamais dėl didelio ploto. Pirmojo rombo plotas yra netgi mažesnis už trikampio, todėl jis galėtų būti tinkamiausias, tačiau turi per smailius kampus. Dėl per daug smailaus kampo plokščių spinduliuojami IR spinduliai beveik nesumuojami ties tomis vietomis, kur stovi žmogus. Tinkamiausias yra 2 rombas su kampu  $\alpha = 60^\circ$ .



3.3 pav. Rombo tipo karkasas su šildymo elementais

Sistemos efektyvumas taip pat priklauso nuo naudojamo šildymo elemento. Rombo sienos kraštinės ilgis yra 75 cm, o plėvelinių šildymo elementu plotis tik 50cm, lieka 25cm neišnaudoto ploto (3.3 pav.), o tai mažina sistemos efektyvumą. Jeigu naudojamas šildymo elementas, kurio temperatūra gali nepakilti virš 60°C, tokiu atveju naudingiau naudoti šešiakampio tipo karkasą. Tai yra dėlto, jog yra padidinamas šildymo elementų skaičius nuo keturių iki šešių elementų, o vienas šildymo elementas užima visą šešiakampio kraštinės ilgį. Visgi, jeigu naudojami šildymo elementai, kurių temperatūra gali pasiekti 80°C, tikslingiau yra naudoti rombo tipo karkasą, nes jo ploto ir galios santykis turėtų atitikti šešiakampio tipo karkasą su silpnesniais šildymo elementais.

Realizuojant IR spindulių valdymo sistemą nepavyko gauti šildymo elementų, kurių temperatūra būtų 80°C, todėl šiam darbe nutarta naudoti taisyklingojo šešiakampio tipo karkasą su juostinio tipo plėvelėmis EX305H, kurių galia 200W, o temperatūra siekia iki 60°C (pagal gamintojo nurodytas specifikacijas).

### 3.1.2. Atspindinčios šiluminės izoliacijos parinkimas

Pasirinkus karkaso formą svarbu pasirinkti ir tinkamas medžiagas iš kurių bus pagaminta infraraudonųjų spindulių sistemos karkasas. Analitinėje dalyje buvo aptarta jog visos medžiagos skirtingai sugeria, atspindi ir praleidžia infraraudonuosius spindulius. Tikslas yra pasirinkti medžiagas, kurios užtikrina, kad beveik 100% infraraudonųjų spindulių energijos būtų paskirstyta po infraraudonųjų spindulių sistemą. Kitaip tariant, yra reikalinga medžiaga, kuri puikiai atspindėtų infraraudonuosius spindulius, o jos sugėrimo koeficientas būtų mažas. Tokioms medžiagoms galima priskirti tik metalus. Tinkami metalai: auksas, sidabras, bronzos, žalvaris, varis ir aliuminis. Jų sugėrimo koeficientas siekia tik iki 0,04. Visų išvardintų metalų kainos yra sąlyginai aukštos, o ir patys metalai nemažai sveria. Išimtis yra aliuminis, jo kaina palyginus su kitais yra žema ir jo svoris yra nedidelis.

Projektuojant sistemą nuspręsta naudoti aliuminio kompozito plokštės. Tai konstrukcinė medžiaga, pasižyminti labai dideliu stiprumu, lengvumu, labai gerai išlaikanti plokštumos lygumą ir lengvai apdirbama. Lyginant su vienalytėmis medžiagomis, LightBond kompozicinės plokštės žymiai lengviau formuojamos. Vidurinis polietileno sluoksniu neturi savyje toksiškų medžiagų, todėl gaisro atveju į aplinką neišsiskiria nuodingi ir žmogaus sveikatai kenkiantys junginiai. Kadangi abi šių kompozitinių plokščių pusės padengtos ugniai atspariais aliuminio lakštais, LightBond plokštės gali būti naudojamos kaip gaisrui atsparios medžiagos, atitinkančios priešgaisrinius reikalavimus (ugnies ir dūmų sulaikymas).[23]



3.4 pav. LightBond kompozicinės plokštės[23]

Dėl savybių atspindėti infraraudonuosius spindulius ir atsparumo šilumos poveikiui, LightBond kompozicinės plokštės puikiai tinka infraraudonųjų spindulių sistemos karkasui.

Norint padidinti šilumos energijos atspindi ir sukurti papildoma šilumos izoliacijos efektą būtina naudoti papildoma termoizoliacinė medžiaga. Šiam tikslui puikiai tinka akyto polietileno plėvelė dengta aliuminio folija, kurios dėka padidės šildymo elementų efektyvumas. Ši plėvelė klijuojama ant LightBond kompozicinės plokštės.

## 3.2. Infraraudonųjų spindulių sistemos valdymo projektavimas

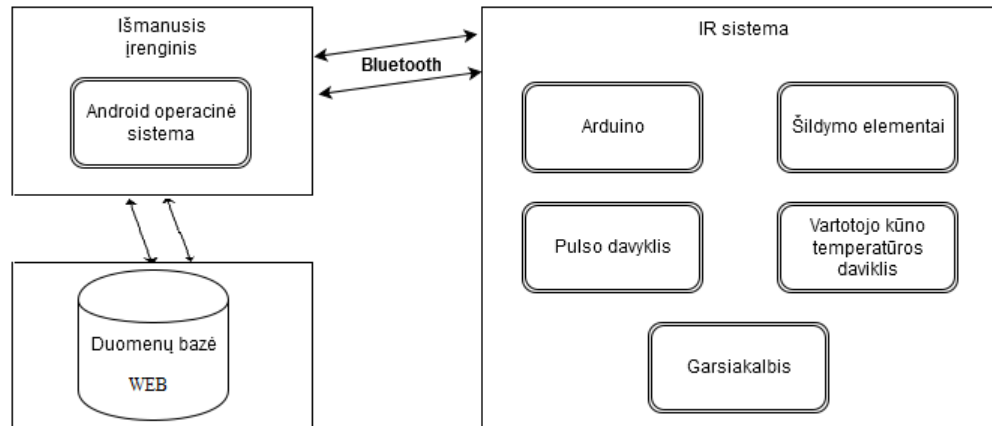
Infraraudonųjų spindulių sistemos valdymo projektavimas reikalauja nemažai žinių elektronikos ir programavimo srityse. Kadangi reikia suderinti IR sistemą su išmaniaisiais įrenginiais ir duomenų baze, visas projektavimas susidarys iš keleto etapų:

- Infraraudonųjų spindulių sistemos valdymo bloko parinkimas ir jo veikimo algoritmo sukūrimas;



- Išmaniosios programėlės valdančio infraraudonųjų spindulių sistemą sukūrimas;
- Žmogaus kūno parametrus fiksuojančių daviklių parinkimas ir sujungimas su infraraudonųjų spindulių sistemos valdymo bloku;
- Duomenų bazės prijungimas prie išmaniosios programėlės.

Bendrą šių etapų rezultatą turėtų atspindėti ši infraraudonųjų spindulių sistemos komponentų struktūrinė schema:



**3.5. pav.** Infraraudonųjų spindulių sistemos komponentų struktūrinė schema

### 3.2.1. Infraraudonųjų spindulių sistemos valdymo bloko projektavimas

Sistemos valdymo blokui buvo pasirinkta Arduino Uno R3 valdymo plokštė, kurioje naudojamas ATmega328P mikrovaldiklis. Ši mikrovaldiklio plokštė turi 14 skaitmeninių įvesties/išvesties prievadų, iš kurių 6 gali būti panaudoti kaip išvestys, palaikančios impulso pločio moduliaciją (PWM), 6 analoginius įvesties prievadus, 16 MHz taktinio dažnio generatorių, vieną USB prievadą, maitinimo lizdą, ICSP3 jungtį ir perkrovimo mygtuką. Plokštėje yra visi elektronikos komponentai, reikalingi užtikrinti mikrovaldiklio darbą - užtenka prijungti maitinimo įtampą per tam skirtą lizdą arba prijungti USB laidą prie kompiuterio.[21]



**3.6 pav.** Arduino Uno R3 [21]

Arduino Uno R3 neturi jokios galimybės be papildomo priedėlio pagalbos bendrauti su išmaniaisiais įrenginiais. Todėl darbe būtina pasirinkti kokiu būdu su išmaniuoju įrenginiu bendraus valdymo blokas. Galimybės yra kelios: naudoti bluetooth sąsają, Wifi sąsają arba Ethernet skydą.

Nutarta pasirinkti paprasčiausią variantą– bluetooth sąsają, kurią turi kiekvienas išmanusis įrenginys. Sąsajos tarp išmaniojo įrenginio ir Arduino Uno R3 valdymo plokštės įgyvendinimui buvo panaudotas HC-06 Bluetooth modulis.



3.7 pav. HC-06 Bluetooth modulis[27]

Su šio modulio pagalba galima gauti nurodymus iš išmaniųjų įrenginių ir taip pat siųsti jiems gautus parametrus apie žmogaus fiziologinę būklę.

Parametrai apie žmogaus fiziologinę būklę gali būti gauti iš skirtingo tipo daviklių. Mums yra aktualus du pagrindiniai žmogaus parametrai. Tai yra žmogaus širdies ritmas ir kūno įkaitimo temperatūra, kadangi pagal šios parametrus galime nuspėti apie žmogaus savijautą esant infraraudonųjų spindulių sistemoje. Šiam tikslui buvo pasirinktas pulso daviklis skirtas arduinui su jau parašytų programinių paketu, kurio dėka galima stebėti širdies ritmą arduino *serial monitor* lange.



3.8 pav. Pulso daviklis[28]

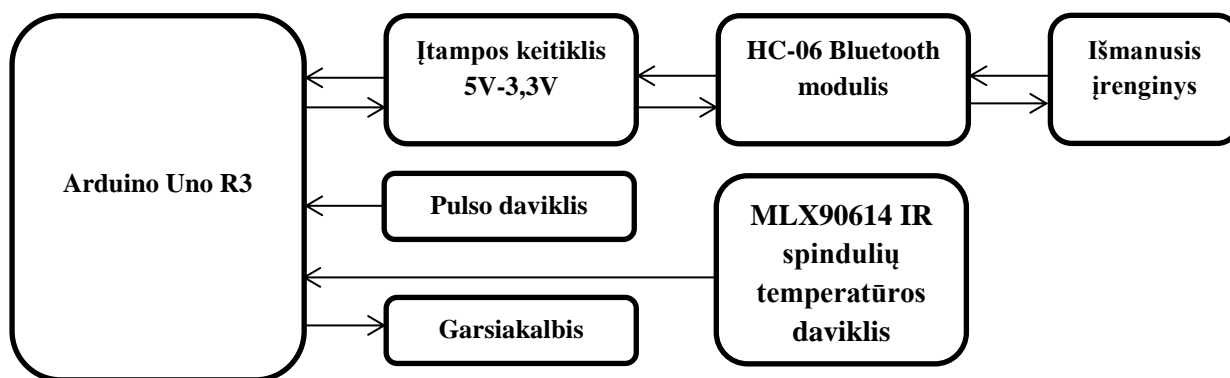
Temperatūros stebėjimui būtina pasirinkti daviklį kuris veiks IR spindulių diapazone ir galinti matuoti temperatūrą nekontaktiniu būdu, todėl buvo pasirinktas MLX90614 IR spindulių temperatūros daviklis. Šiam davikliui yra sukurti keletas algoritmų, kurie leidžia stebėti temperatūrą arduino *serial monitor* lange.



3.9 pav. MLX90614 IR spindulių temperatūros daviklis[29]

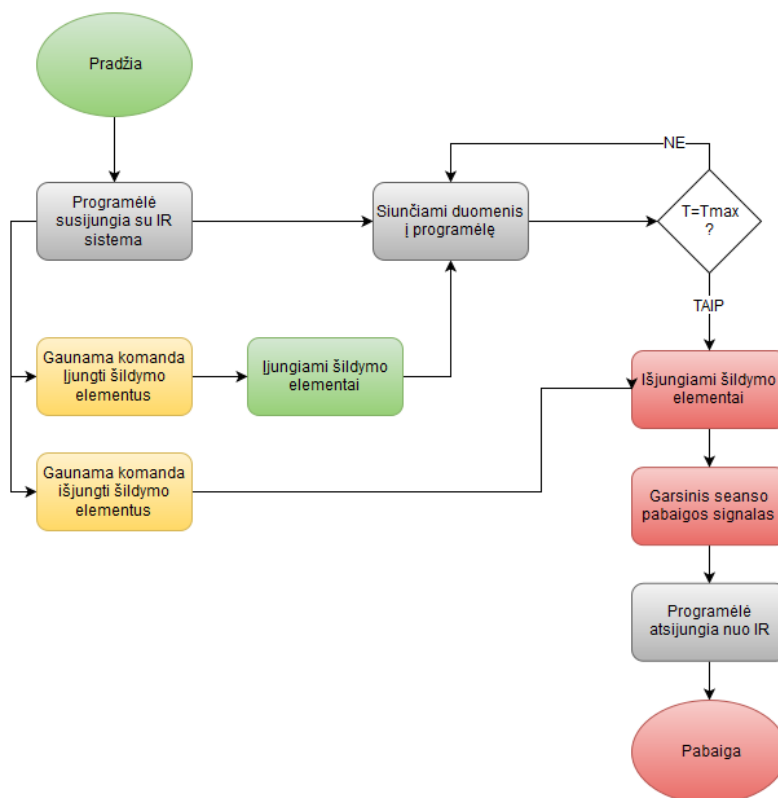
Vartotojo įspėjimui, apie seanso pabaigą galima papildomai į sistemą integruoti garsiakalbį, tačiau tai nėra būtina, kadangi išmanieji įrenginiai turi savyje sumontuotus garsiakalbius, kurių pagalba galima įspėti vartotoją.

Viską apibendrinus gaunama bendra IR sistemos valdymo bloko struktūrinė schema:



3.10 pav. Bendra IR sistemos valdymo bloko struktūrinė schema

Žinant struktūrinę schemą ir pritaikant savo reikmėms turimus daviklių algoritmus leidžiančius stebėti daviklių parametrus arduino *serial monitor* lange, galime sukurti unikalų Arduino valdymo algoritmą, kuris bendrautų su visais davikliais ir siųstų duomenys į išmaniąją programėlę.



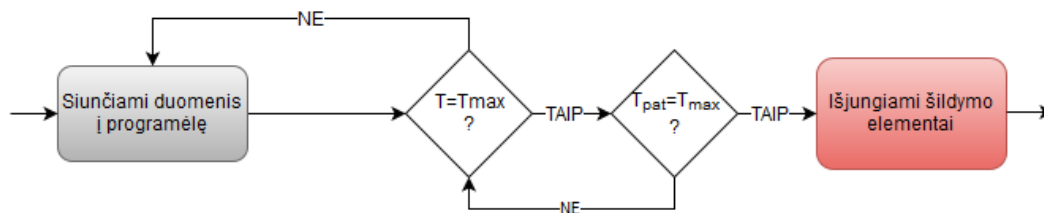
3.11 pav. Arduino Uno R3 algoritmo veikimo struktūrinė schema

Arduino Uno R3 algoritmo veikimo struktūrinė schema yra ganėtinai paprasta. Įsijungus sistemai, jis laukia komandų. Pirmoji komandą kuria gauna veikimo algoritmas yra išmaniosios programėlės susijungimas su Bluetooth moduliu. Gavęs šią komandą jis pradeda vykdyti ciklą, kurio tikslas tikrinti ar žmogaus kūno temperatūra neviršija leistinos ribos, tai yra 44°C. Jeigu neviršija jis siunčia duomenys į programėlę su temperatūros ir pulso reikšmėmis. Duomenys siunčiami kas 10 sekundžių. O pats Arduinas yra budėjimo režime ir laukia kitų komandų. Likusios galimos komandos yra: šildymo elementų įjungimas ir išjungimas.

Gavęs komandą įjungti šildymo elementus, jis siunčia analoginį signalą į relę, kuri įjungia visus šildymo elementus. Tolygiai yra siunčiama ataskaita apie šildymo elementų įjungimą į išmaniąją programėlę.

Šildymo elementu išjungimas galimas dviem būdais, gavus signalą apie šildymo elementų išjungimą arba kai temperatūra viršija leistiną ribą. Jeigu temperatūra viršija leistiną 44°C ribą,

inicijuojamas papildomas temperatūros patikrinimas norint išvengti galimų klaidingų temperatūros reikšmių, gautų iš MLX90614 IR spindulių temperatūros daviklio.



3.12 pav. Papildomo temperatūros patikrinimo struktūrinė schema

Papildomas patikrinimas inicijuojamas po 5 sekundžių nuo pirmojo temperatūros viršijimo. Patikrinimo metu nustačius, kad temperatūra vis dar viršija leistiną ribą arba gavus signalą apie šildymo elementų išjungimą, šildymo elementai yra išjungiami ir girdimas garsinis signalas (jeigu į sistema įdiegtas garsiakalbis).

### 3.2.2. Infraraudonųjų spindulių sistemos išmaniosios programėlės kūrimas

Išmaniosios programėlės kūrimui pirmiausiai buvo pasirinkta programinės įrangos platforma – Android. Ji buvo pasirinkta dėl plataus panaudojimo tarp šiuolaikinių išmaniųjų įrenginių, galimybė pačiam kurti išmaniąsias programėles ir stiprios android programinės įrangos kūrėjų bendruomenės.

Išmaniųjų programėlių skirtų android operaciniai sistemai kūrimo įrankių yra nemažai. Įrankio pasirinkimas priklauso nuo programos kūrėjo žinių lygio ir jo siekiamu tikslų kuriamai programėlei. Šio darbo tikslas yra susieti išmaniąją programėlę su infraraudonųjų spindulių sistema, kurios pagrindinis valdymo blokas yra Arduino Uno R3. Atsižvelgus į tai, reikia parinkti programinės įrangos kūrimo įrankį, gebanti sukurti sąsają su Arduino Uno R3. Deja, pavyko rasti tik kelis įrankius gebančius sukurti sąsają su Arduino Uno R3, todėl kurti išmaniųjų įrenginį buvo nutarta pasinaudojant MIT App Inventor kūrimo įrankiu.

MIT App Inventor yra novatoriškas pradedančiojo įvadas į programavimą ir programų kūrimą, kuris transformuoja sudėtingą teksto kalbos pagrindo kodavimą į vaizdinį, kur reikia traukti ir dėlioti blokus. Paprasta grafinė sąsaja suteikia net nepatyrusiam naujokui gebėjimą sukurti visiškai funkcionalią programą per valandą arba mažiau.[22]

Didžiausias privalumas šio įrankio yra didelė vartotojų auditorija ir gerai išvystyta dokumentacija, bei pavyzdžių gausa, pritaikant šį įrankį dirbti su Arduino valdymo plokštėmis.

Išmaniosios programėlės kūrimas susideda iš keleto etapų:

1. Duomenų bazės sukūrimas ir pritaikymas išmaniajai programėlei;
2. Naujo vartotojo registracijos ir prisijungimo algoritmo kūrimas;
3. Duomenų apie vartotoją, jo KMI ir maksimalaus širdies ritmo skaičiavimų algoritmo kūrimas;
4. Prisijungimo prie Arduino Uno R3 valdymo plokštės per Bluetooth sąsają algoritmo kūrimas;
5. Seanso laiko nustatymo ir infraraudonųjų spindulių šildymo elementų įjungimo algoritmo kūrimas;
6. Duomenų gavimo apie žmogaus kūno temperatūrą ir širdies ritmą algoritmo kūrimas;
7. Garsinio perspėjimo apie seanso pabaigą arba pavojų žmogaus sveikatai algoritmo kūrimas.

Kuriant Infraraudonųjų spindulių sistemos programėlės algoritmą kilo dilema, kur geriausiai saugoti vartotojo duomenys. Kalbama ne tik apie vartotojo registracijos duomenys, bet ir apie temperatūros ir širdies ritmo parametrų rezultatus. Pasirinkti galima iš kelių variantų:

- TinyDB;
- TinyWebDB;

- MySQL DB;
- MySQLite DB.

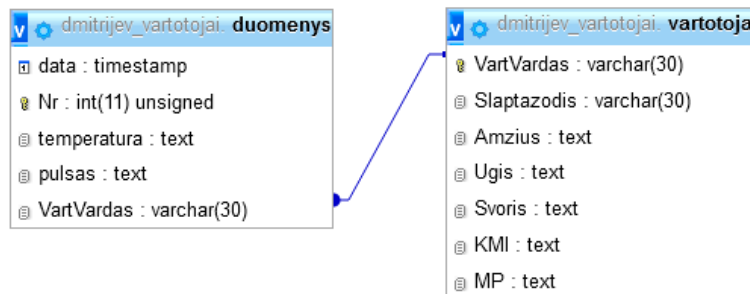
Visos šios duomenų bazės skiriasi savo galimybėmis. TinyDB ir TinyWebDB yra siūlomos naudoti MIT App Inventoriaus, kadangi jos yra pritaikytos darbui su šio programiniu įrankiu. TinyDB ir MySQLite DB gautus duomenis saugo išmaniojo įrenginio duomenų bazėje. MySQL DB ir TinyWebDB gautus duomenis saugo interneto serverio duomenų bazėje.

Tarkim, jeigu turim MySQLite DB savo išmaniajam įrenginyje, reiškia tik jį naudojant mes galime prisijungti prie infraraudonųjų spindulių sistemos, kadangi visi mūsų duomenys saugomi šiam įrenginyje. Tačiau jis turi ir privalumą, mums papildomai nereikia naudoti prieigos prie išorinio tinklo per Wi-Fi arba GSM/WCDMA/LTE.

To tarpu MySQL DB ir TinyWebDB reikalauja šios prieigos, kadangi kitaip negalėtų pasiekti vartotojo duomenų. Tačiau prie šių duomenų bazių galima prisijungti iš kiekvieno įrenginio, kuriame yra įdegtas išmanioji programėlė skirta infraraudonųjų spindulių sistemai. Todėl darbe kuriama duomenų bazė su galimybe pasiekti vartotojo duomenis iš skirtingų įrenginių.

TinyWebDB palyginus su MySQL DB turi kelis svarbius trūkumus. Pirmiausiai sukurta nauja duomenų bazė gali saugoti savyje tik vieną lentelę su vartotojo duomenimis. Tai reiškia, jog galim turėti tik vieno vartotojo duomenis lentelėje arba daugelio vartotojų, bet tik momentines reikšmes, buvusių rezultatų peržiūrėti galimybės nėra. Antras trūkumas – saugumas. TinyWebDB yra atvira duomenų bazė, jos duomenys gali pasiekti ir keisti kiekvienas norintis ir turintis nuorodą į TinyWebDB, kadangi jį neturi jokių slaptažodžių ar kitų apsaugos priemonių. Atsižvelgus į šiuos trūkumus geriausiai yra naudoti MySQL DB.

MySQL duomenų bazė buvo sukurta Rude serveryje, kuris yra skirtas studentams ir priklauso Šiaulių universiteto Kompiuterių sistemų katedrai.



3.13 pav. MySQL duomenų bazės struktūra

Duomenų bazę sudarė dvi lentelės: *vartotojai* ir *duomenys*. Vartotojai lentelėje saugomi asmeniniai duomenys apie vartotoją (3.14 pav.). Duomenų lentelėje saugomi duomenys gauti iš IR sistemos daviklių (3.15 pav.). Šios lentelės yra tarpusavyje susietos per vartotojo vardą (VartVardas).

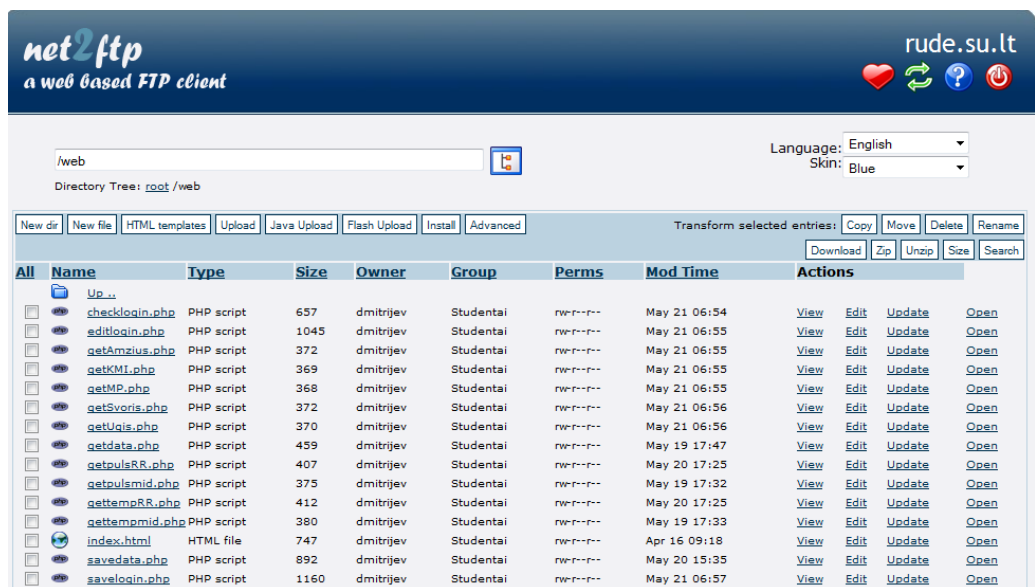
|                            | VartVardas | Slaptazodis | Amzius | Ugis | Svoris | KMI      | MP     |
|----------------------------|------------|-------------|--------|------|--------|----------|--------|
| Redaguoti Kopijuoti Trinti | artur      | qwer        | 35     | 1.8  | 77     | 23.76543 | 189.93 |
| Redaguoti Kopijuoti Trinti | arturas    | zxc         | 23     | 1.8  | 77     | 22       | 180    |
| Redaguoti Kopijuoti Trinti | lama       | qaz         | 44     | 1.7  | 78     | 26.98962 | 185.32 |
| Redaguoti Kopijuoti Trinti | pikolo     | qwer        | 39     | 1.8  | 85     | 26.23457 | 187.05 |
| Redaguoti Kopijuoti Trinti | pikus      | mnb         | 55     | 1.9  | 88     | 24.37673 | 178.72 |
| Redaguoti Kopijuoti Trinti | qw         | as          | 44     | 2    | 99     | 24.75    | 183.01 |

3.14 pav. MySQL duomenų bazės vartotojai lentelė

|  |  |  |  | data                       | Nr                  | temperatura | pulsas | VartVardas |         |
|--|--|--|--|----------------------------|---------------------|-------------|--------|------------|---------|
|  |  |  |  | Redaguoti Kopijuoti Trinti | 2016-05-20 18:29:46 | 103         | 120    | 13         | qw      |
|  |  |  |  | Redaguoti Kopijuoti Trinti | 2016-05-20 19:11:35 | 104         | -50.00 | 200        | arturas |
|  |  |  |  | Redaguoti Kopijuoti Trinti | 2016-05-20 19:11:46 | 105         | -50.00 | 112        | arturas |
|  |  |  |  | Redaguoti Kopijuoti Trinti | 2016-05-20 19:11:57 | 106         | -50.00 | 237        | arturas |
|  |  |  |  | Redaguoti Kopijuoti Trinti | 2016-05-20 19:12:08 | 107         | -50.00 | 213        | arturas |
|  |  |  |  | Redaguoti Kopijuoti Trinti | 2016-05-20 19:12:18 | 108         | -50.00 | 238        | arturas |
|  |  |  |  | Redaguoti Kopijuoti Trinti | 2016-05-20 19:12:29 | 109         | -50.00 | 128        | arturas |
|  |  |  |  | Redaguoti Kopijuoti Trinti | 2016-05-20 19:12:40 | 110         | -50.00 | 171        | arturas |
|  |  |  |  | Redaguoti Kopijuoti Trinti | 2016-05-20 19:12:52 | 111         | -50.00 | 32         | arturas |
|  |  |  |  | Redaguoti Kopijuoti Trinti | 2016-05-20 20:05:24 | 112         | 33     | 222        | pikolo  |
|  |  |  |  | Redaguoti Kopijuoti Trinti | 2016-05-20 20:46:25 | 113         | -46.58 | 238        | lama    |
|  |  |  |  | Redaguoti Kopijuoti Trinti | 2016-05-20 20:50:52 | 114         | -44.14 | 81         | lama    |

3.15 pav. MySQL duomenų bazės duomenys lentelė

Išmanioji programėlė bendrauja su duomenų baze per SQL užklausas, naudojant PHP kodą. Visi PHP kodai saugomi Rudes serverio FTP duomenų saugykloje.



3.16 pav. Rudes serverio FTP duomenų saugykloje saugomi php kodai

Norint išpildyti visus išmaniosios programėlės kūrimo etapus ir padaryti ją patogią vartotojui, nuspręsta apsiriboti keturiais langais:

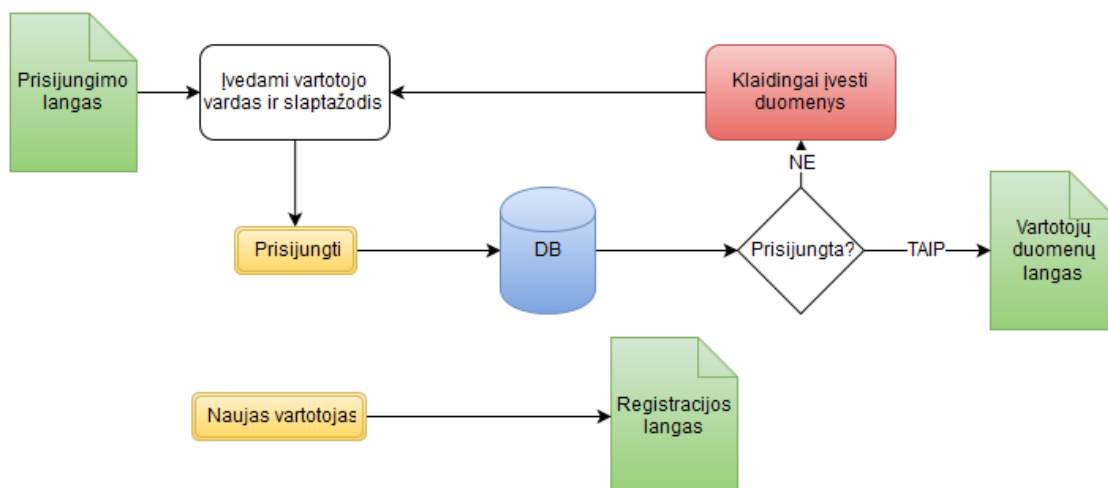
- Prisijungimo langas;
- Registracijos langas;
- Vartotojo duomenų langas;
- IR sistemos valdymo langas.

Vartotojo registracijos ir prisijungimo algoritmas yra pakankamai paprastas, jo tikslas sukurti vartotoją ir jį išsaugoti duomenų bazėje.



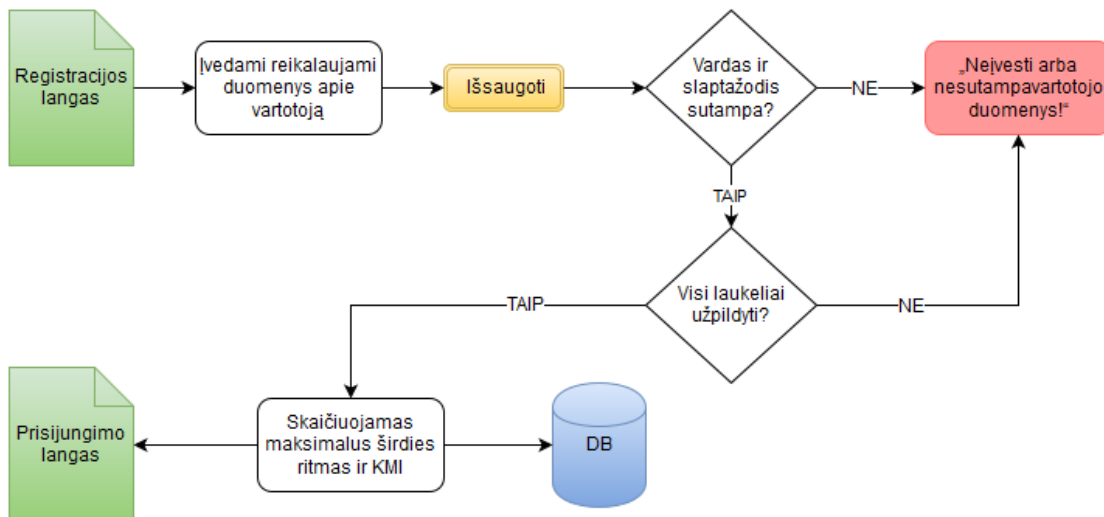
3.17 pav. Vartotojo registracijos ir prisijungimo langai programoje

Vartotojo prisijungimo langas susideda iš vienos tekstinio langelio, vieno slaptažodžio langelio ir dviejų mygtuku: *Prisijungti* ir *Naujas vartotojas*. Registracijos langas susideda iš septynių tekstinių langelių ir vieno mygtuko *Išsaugoti*.



3.18 pav. Vartotojo prisijungimo lango algoritmo struktūrinė schema

Iš vartotojo prisijungimo algoritmo struktūrinės schemos yra matoma, kad vartotojui Prisijungimo lange surinkus prisijungimo duomenys ir paspaudus *Prisijungti*, algoritmas kreipiasi į duomenų bazės *vartotojai* lentelę, per PHP kodą „checklogin.php“. Duomenų bazėje kiekvienas vartotojas turi unikalų vardą, jei vartotojo įrašytas vardas ir slaptažodis sutampa su duomenų bazėje esančiais duomenimis, iš duomenų bazės gaunamas patvirtinimas apie egzistuojanti vartotoją. Tokiu atveju vartotojas patenka į Vartotojo duomenų langą, su išsaugota savo vartotojo vardo reikšme, jeigu ne, atsiranda pranešimas „Prisijungimo vardas arba slaptažodis klaidingi!“. Paspaudus mygtuką *Naujas vartotojas*, vartotojas patenka į Registracijos langą.



3.19 pav. Vartotojo registracijos lango algoritmo struktūrinė schema

Prisijungimo lange suvedami visi prašomi duomenys ir spaudžiamas mygtukas *Išsaugoti*. Jeigu vartotojo duomenys nesutampa arba ne visi laukeliai užpildyti, atsiranda pranešimas „*Neįvesti arba nesutampa vartotojo duomenys!*“. Tačiau jeigu visi laukeliai užpildyti ir sutampa, algoritmas skaičiuoja maksimalų širdies ritmą ir kūno masės indeksą, kreipiasi į duomenų bazės *vartotojai* lentelę, per PHP kodą „*savelogin.php*“, kurioje išsaugo naujo vartotojo įvestus duomenys, maksimalaus širdies ritmo ir KMI rezultatus (3.14 pav.), bei nukelia vartotoją į prisijungimo langą.

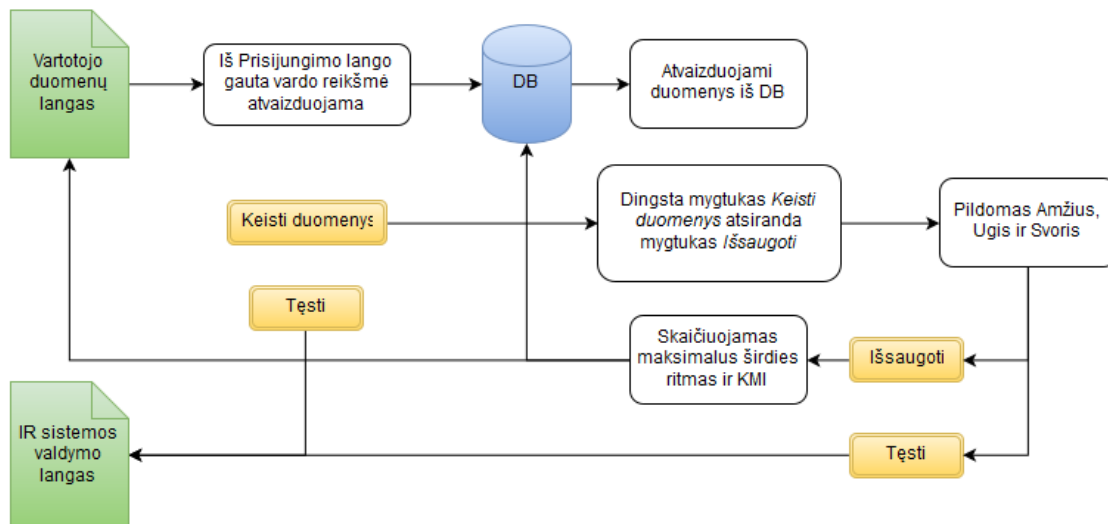
Vartotojo duomenų lange matome penkias skiltis, tai – Amžius(m), Svoris(kg), Ugis(m), KMI ir Maksimalus pulsas. Bei du mygtukus: *Keisti duomenys*, *Išsaugoti* ir *Testi*.



3.20 pav. Vartotojo duomenų langiai programoje

*Keisti duomenys* ir *Testi* mygtukai matomi, tik iniciavus langą. *Išsaugoti* ir *Testi* mygtukai matomi paspaudus mygtuką *Keisti duomenys*.





3.21 pav. Vartotojo duomenų langas algoritmo struktūrinė schema

Kaip matyti iš vartotojo duomenų langas algoritmo struktūrinė schema, pirmiausiai patekus į šį langą yra atvaizduojamas vartotojo vardas, tada kreipiamasi į duomenų bazės *virtotojai* lentelę per PHP kodus. Iš duomenų bazės gauti vartotojo duomenys yra atvaizduojami. Jeigu vartotojas pageidauja, paspaudęs mygtuką *Keisti duomenys* gali pakeisti norimus duomenys apie save. Tokiu atveju dingsta mygtukas *Keisti duomenys*, vietoje jo atsiranda *Išsaugoti* mygtukas. Vartotojas užpildo apie save norimus keisti duomenys (amžius, ūgis, svoris) ir spaudžia mygtuką *Išsaugoti*. Tada algoritmas skaičiuoja maksimalų širdies ritmą ir kūno masės indeksą, kreipiasi į duomenų bazės *virtotojai* lentelę, per PHP kodą „editlogin.php“, kurioje išsaugo naujo vartotojo įvestus duomenys, maksimalaus širdies ritmo ir KMI rezultatus, bei iš naujo perkrauna vartotojo duomenų langą. Jeigu vartotojas paspaudžia *Tęsti* mygtuką, jis yra perkeliamas į IR sistemos valdymo langą su išsaugota savo vartotojo vardo reikšme.

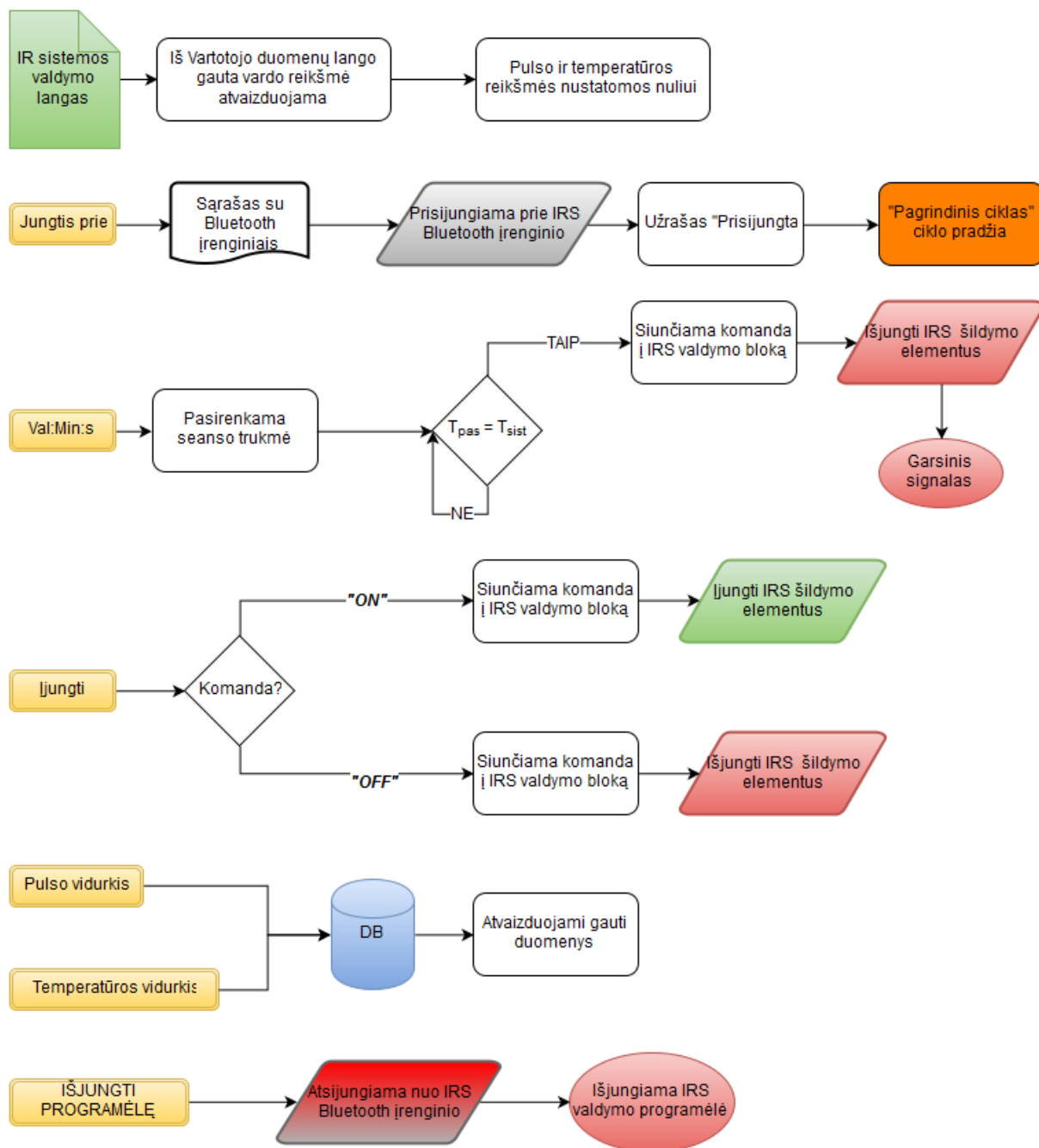
Paskutiniame IR sistemos valdymo lange algoritmas atlieka šias funkcijas:

- Prisijungia prie Arduino Uno R3 valdymo plokštės per Bluetooth sąsają;
- Nustato seanso laiką ir įjungia infraraudonųjų spindulių šildymo elementus;
- Gauna parametrus apie žmogaus kūno temperatūrą ir širdies ritmą, jos išsaugo į DB duomenys lentelę;
- Pateikia vartotojo kūno temperatūros ir širdies ritmo vidurkius;
- Perspėja garsiniu signalu apie seanso pabaigą arba pavojų žmogaus sveikatai.



3.22 pav. IR sistemos valdymo langas programoje

IR sistemos valdymo lange pastebime jau daugiau valdymo galimybių. Pirmiausiai tai šeši mygtukai: *Jungtis prie IRS*, *Val:Min:s*, *Ijungti*, *Pulso vidurkis*, *Temperatūros vidurkis* ir *IŠJUNGTI PROGRAMĖLĖ*. Dvi skiltis *Pulsas* ir *Temperatūra*.



3.23 pav. IR sistemos valdymo lango algoritmo struktūrinė schema

Iš IR sistemos valdymo lango algoritmo struktūrinės schemos matyti, kad pirmiausiai patekus į šį langą yra atvaizduojamas vartotojo vardas, širdies ritmo ir temperatūros reikšmės nustatomos nuliui.

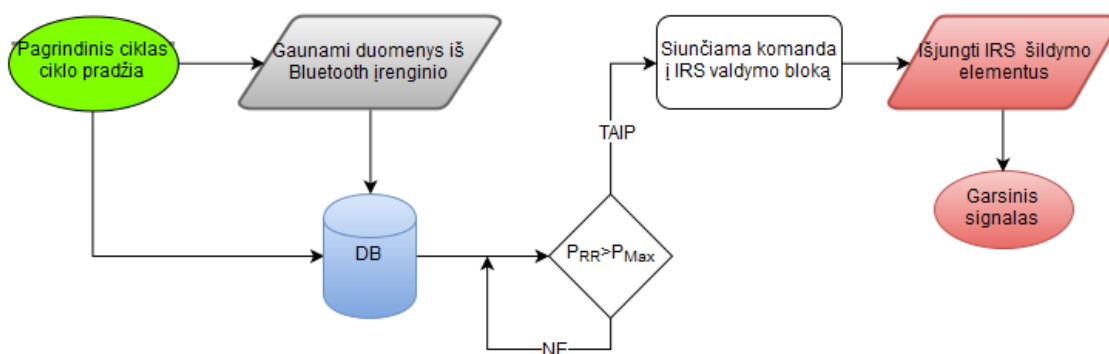
Paspaudus *Jungtis prie IRS* mygtuką patenkam į sąrašą su Bluetooth įrenginiais. Ten turim pasirinkti HC-06 Bluetooth modulį, kurio pagalba susijungsime su Arduino Uno R3 valdymo plokšte. Pirmą kartą jungiantis prie modulio būtina jį susieti su išmaniuoju įrenginiu, tam panaudojam kodą 1234. Tačiau gali būti jog patekus į sąrašą, mes nieko nematysim, tai greičiausiai bus dėl to jog neįjungėm Bluetooth modulio esančio išmaniajam įrenginyje arba pati IR sistemą nėra įjungta į 230V tinklą. Prisijungus prie Bluetooth modulio grįžtam į IR sistemos valdymo langą, atsiranda užrašas „Prisijungta“ ir pradėdamas ciklas „Pagrindinis ciklas“.

Paspaudus mygtukus *Val:Min:s* galima nustatyti seanso trukmę. Pasirinkus seanso trukmę pradedamas ciklas, kurio tikslas tikrinti sąlygą  $T_{pas}=T_{sist}$ , ar pasirinktas laikas ( $T_{pas}$ ) sutampa su sistemos laiku ( $T_{sist}$ ). Jeigu laikas sutampa siunčiama komanda į IRS valdymo bloką, išjungti šildymo elementus ir įjungiamas garsinis signalas apie seanso pabaigą. Nesutapus sąlygai ciklas tikrinamas toliau.

Paspaudus mygtuką *Ijungti* algoritmas tikrina siunčiama į IRS valdymo bloką komandą. Jeigu komanda yra „ON“ IRS valdymo blokas įjungia šildymo elementus, „OFF“ komandos atveju šildymo elementai yra išjungiami.

Paspaudus mygtukus *Pulso vidurkis* ir *Temperatūros vidurkis* algoritmas kreipiasi į duomenų bazės *duomenys* lentelę, per PHP kodus „getpulsmid.php“ ir „gettempmid.php“, kuriais yra paskaičiuojami prisijungusio vartotojo širdies ritmo ir temperatūros vidurkiai, bei atvaizduojami IR sistemos valdymo lange.

Mygtukas *IŠJUNGTI PROGRAMĖLĘ* skirtas atsijungti nuo Bluetooth įrenginio ir išjungti išmaniąją programėlę.



3.24 pav. „Pagrindinis ciklas“ algoritmo struktūrinė schema

Pagrindinis ciklas yra inicijuojamas kiekvieną kartą, kai yra prisijungiama prie Bluetooth įrenginio. Kadangi IR sistemos valdymo blokas siunčia duomenys ir gauna komandas per Bluetooth įrenginį tekstinio pavidalo formatu, viena eilute, norimus įrašyti duomenys į DB reikia atitinkamai apdoroti. Kai gaunami duomenys iš Bluetooth įrenginio, turintis bent 1 bitą, algoritmas kreipiasi į duomenų bazės *duomenys* lentelę, per PHP kodą „savedata.php“, kurio pagalba gauti duomenys yra išskirstomi į širdies ritmo ir temperatūros reikšmes ir įrašomi į *duomenys* lentelę, prie prisijungusio vartotojo vardo. Taip pat algoritmas lygiagrečiai kreipiasi į duomenų bazės *duomenys* ir *vartotojai* lenteles per PHP kodus ir gauna paskutinius išsaugotus rezultatus apie širdies ritmą, temperatūrą ir maksimalų širdies ritmą prisijungusio vartotojo. Gautus širdies ritmo rezultatus tikrina tarpusavyje su sąlyga  $P_{RR} > P_{Max}$ , ar širdies ritmas realių laikų ( $P_{RR}$ ) yra didesnis už maksimalų širdies ritmą vartotojui ( $P_{Max}$ ). Jeigu didesnis, siunčiama komanda į IRS valdymo bloką, išjungti šildymo elementus ir įjungiamas garsinis signalas apie seanso pabaigą. Nesutapus sąlygai ciklas tikrinamas toliau.

### 3.3. Infraraudonųjų spindulių valdymo sistemos surinkimas

Sistemos surinkimas prasideda nuo būtinų medžiagų sąrašo:

- LightBond kompozicinės plokštės(150x50cm) - 6vnt.;
- Juostinio tipo plėvelė EX305H – 6m<sup>2</sup>;
- Akyto polietileno plėvelė dengta aliuminio folija – 6m<sup>2</sup>;
- MT CLICK sistemos aliumininiai rėmeliai – 25m;
- Vidinė kampinė profilio jungtis – 24vnt.;
- Profilio įtempimo skardėlė – 120 vnt.;

- Arduino Uno R3 plokštė – 1vnt.;
- HC-06 Bluetooth modulis - 1vnt.;
- MLX90614 IR spindulių temperatūros daviklis - 1vnt.;
- Pulso daviklis - 1vnt.;
- Impulsinis maitinimo šaltinis 230V-12V - 1vnt.;
- Relė - 1vnt.;
- Vyriai – 10 vnt.;
- Kabelis – 20m.;
- Sujungimo kaladėlės – 11 vnt.
- Kojelės – 12 vnt.
- Dvipuse lipni juostelė – 200m;
- Medžiaga užvalkalui;
- Kitos smulkios medžiagos.

Turint visas medžiagas pradedamas sistemos surinkimas. Pagal užsakymą buvo supjaustytos LightBond kompozicinės plokštės ir aliuminio profiliai, kad atitektų matmenis 50x150cm. Supjaustyti aliuminio profiliai sujungiami su vidinėmis kampinėmis profilio jungtimis ir įtempiami su profilio įtempimo skardėlėmis. Į sujungtą profilį įklijuojami su dvipuse lipnia juosta kompozitinės plokštės, išgręžiamos skylės litavimo taškams ir susukamos iš nugarinės pusės kabelių sujungimo kaladėlės.



**3.25 pav.** Karkaso plokštės su papildoma termoizoliacine medžiaga

Kitas žingsnis yra papildomos termoizoliacinės plėvelės klijavimas ant LightBond kompozicinės plokštės su dvipuse lipnia juosta. Rezultatas matyti 3.25 pav. Ant papildomos termoizoliacinės plėvelės klijuojama juostinio tipo plėvelė EX305H. Prieš tai ji išpjauta pagal matmenys ir izoliuotos vario plėvelės magistralės nuo galimo trumpojo jungimo su aliuminio korpusu.

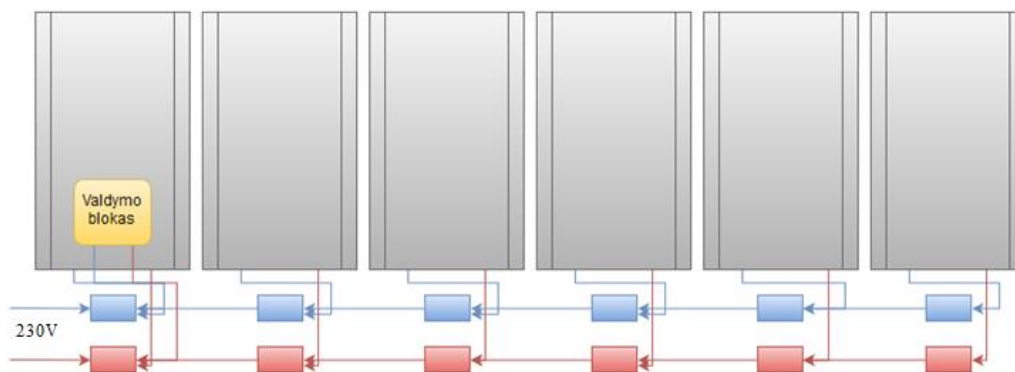


**3.26 pav.** Karkaso plokštės su juostinio tipo plėvele.

Iš nugarinės pusės prie priklijuotų juostinio tipo plėvelių vario magistralių prilituojami ir izoliuojami reikiamo ilgio kabeliai. Vyrių pagalba visos plokštės sujungiamos tarpusavyje.

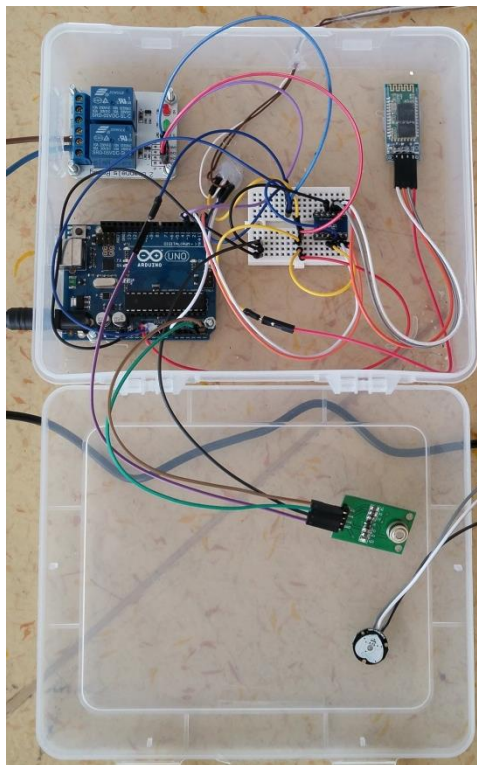


**3.27 pav.** Karkaso plokštės iš nugarinės pusės



**3.28 pav.** IR sistemos maitinimo įtampų sujungimo schema

Lygiagrečiai tarpusavyje sujungiami šilumos elementai kaladėlių pagalba, kaip pavaizduota 3.28 pav. Valdymo bloke prie Arduino Uno R3 prijungiamas impulsinis maitinimo šaltinis, kadangi Arduino Uno R3 jėgimo įtampa 7-12V. Taip pat prie jo prijungiami davikliai, Bluetooth modulis ir relė, kuriai gavus aukštos įtampos signalą iš Arduino Uno R3, tiekama 230V įtampa šildymo elementams.



**3.29 pav.** IR sistemos valdymo blokas

Papildomai prisukamos kojelės, kad konstrukcija būtų stabili. Viršuje pasiuvamas medžiaginis užvalkalas, kad šiluma nesklisėtų į aplinką ir vartotojo galva būtų apsaugota. Papildomai gali būti patiesiamas kilimėlis prakaitui sugerti.

## 4. INFRARAUDONŲJŲ SPINDULIŲ VALDYMO SISTEMOS TYRIMAS

Šiame skyriuje bus pateikiami šie išmaniosios infraraudonųjų spindulių valdymo sistemos tyrimai:

- Išmaniosios programėlės testavimo rezultatai;
- Infraraudonosios spindulių sistemos šilumos pasiskirstymo tyrimas;
- Infraraudonosios spindulių sistemos galios priklausomybės nuo įtampos tyrimas;
- Poveikio žmogaus organizmui tyrimas;
- Infraraudonosios spindulių valdymo sistemos algoritmo efektyvumo testavimas.

Iš šiamo skyriuje gautų tyrimo rezultatų galima bus padaryti išvadas apie infraraudonųjų spindulių valdymo sistemos efektyvumą ir spręsti apie tolimesnį sistemos tobulinimą.

### 4.1. Išmaniosios programėlės testavimo rezultatai

Išmaniosios programėlės testavimo tikslas išsiaiškinti ar sukurtas algoritmas veikia tinkamai ir kur gali atsirasti algoritmo klaidos. Išsiaiškinus galimas algoritmo klaidas galima spręsti apie tolimesnį algoritmo tobulinimą.

#### 4.1.1. Testavimo tikslai

Testavimo metu atliekami testai:

- Patikrinti vartotojo atpažinimą sistemoje;
- Patikrinti vartotojo registraciją sistemoje;
- Patikrinti duomenų apie vartotoją atvaizdavimą, jų keitimą sistemoje, kūno masės indekso ir maksimalaus širdies ritmo skaičiavimus;
- Patikrinti prisijungimą prie Bluetooth modulio;
- Patikrinti seanso trukmės nustatymą ir infraraudonųjų spindulių valdymo sistemos įjungimą;
- Patikrinti gaunamų duomenų iš infraraudonųjų spindulių valdymo sistemos atvaizdavimą;
- Patikrinti širdies ritmo ir kūno temperatūros vidurkių atvaizdavimą;
- Patikrinti garsinio signalo veikimą sistemoje.

#### 4.1.2. Testavimo resursai

Testavimo resursai yra :

##### Išmanusis telefonas:

modelis : LG-H995;

CPU: Quad-core 1.5 GHz Cortex-A53 & Quad-core 2.0 GHz Cortex-A57

RAM: 3GB;

OS: „Android“ v5.1.1.

WLAN: Wi-Fi 802.11 a/b/g/n/ac

Bluetooth: v4.1, A2DP,LE,apt-X

##### Infraraudonųjų spindulių sistema:

Arduino Uno R3;  
 HC-06 Bluetooth modulis;  
 MLX90614 IR spindulių temperatūros daviklis;  
 Pulso daviklis.

#### 4.1.3. Programinės įrangos funkcijų testavimas

4.1 lentelė

##### Vartotojo atpažinimo sistemoje testavimas

| Testo tikslas: |  | Patikrinti vartotojo atpažinimą sistemoje               |                               |  |     |          |
|----------------|--|---|-------------------------------|--|-----|----------|
| Testo ID       | Reikalavimai   | Įvykis  | Laukiamas rezultatas          | Gautas rezultatas                      | T/N | Pastabos |
| 1              | Vartotojas nežino prisijungimo duomenų ir negali prisijungti prie sistemos | Įvedami neteisingi duomenys                             | Vartotojas negali prisijungti | Vartotojas neprisijungia prie sistemos | T   | Nėra     |
| 2              | Vartotojas žino tik prisijungimo vardą                                     | Įvedamas tik žinomas teisingas prisijungimo vardas      | Vartotojas negali prisijungti | Vartotojas neprisijungia prie sistemos | T   | Nėra     |
| 3              | Vartotojas žino tik prisijungimo slaptažodį                                | Įvedamas tik žinomas teisingas prisijungimo slaptažodis | Vartotojas negali prisijungti | Vartotojas neprisijungia prie sistemos | T   | Nėra     |
| 4              | Vartotojas žino prisijungimo vardą ir slaptažodį                           | Įvedami žinomi prisijungimo duomenys                    | Vartotojas prisijungia        | Vartotojas prisijungia                 | T   | Nėra     |

4.2 lentelė

##### Vartotojo registracijos sistemoje testavimas

| Testo tikslas: |  | Patikrinti vartotojo registraciją sistemoje                         |                                   |                                   |     |          |
|----------------|--|---|-----------------------------------|-----------------------------------|-----|----------|
| Testo ID       | Reikalavimai   | Įvykis  | Laukiamas rezultatas              | Gautas rezultatas                 | T/N | Pastabos |
| 1              | Vartotojas įveda prisijungimo duomenys, kartodamas jos suklysta varde ir slaptažodyje. | Pakartotinai įvedami neteisingai prisijungimo vardas ir slaptažodis | Vartotojas negali užsiregistruoti | Vartotojas negali užsiregistruoti | T   | Nėra     |
| 2              | Vartotojas įveda prisijungimo duomenys, kartodamas jos suklysta varde.                 | Pakartotinai įvedamas neteisingai prisijungimo vardas               | Vartotojas negali užsiregistruoti | Vartotojas negali užsiregistruoti | T   | Nėra     |
| 3              | Vartotojas įveda prisijungimo duomenys, kartodamas jos suklysta slaptažodyje.          | Pakartotinai įvedamas neteisingai prisijungimo slaptažodis          | Vartotojas negali užsiregistruoti | Vartotojas negali užsiregistruoti | T   | Nėra     |
| 4              | Vartotojas įveda prisijungimo duomenys,  | Pakartotinai įvedami teisingai prisijungimo                         | Vartotojas gali užsiregistruoti   | Vartotojas gali užsiregistruoti   | T   | Nėra     |



|   |   |                                      |                                   |                                   |   |      |
|---|---|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|------|
|   | kartodamas jos nesuklysta varde ir slaptažodyje.  | vardas ir slaptažodis                |                                   |                                   |   |      |
| 5 | Vartotojas įveda ne visus prisijungimo duomenys, kartodamas jos nesuklysta varde ir slaptažodyje. | Neįvedamas amžius, ūgis ir svoris.   | Vartotojas negali užsiregistruoti | Vartotojas negali užsiregistruoti | T | Nėra |
| 6 | Vartotojas įveda ne visus prisijungimo duomenys, kartodamas jos nesuklysta varde ir slaptažodyje. | Neįvedamas amžius, ūgis arba svoris. | Vartotojas negali užsiregistruoti | Vartotojas negali užsiregistruoti | T | Nėra |

4.3 lentelė

**Duomenų apie vartotoją atvaizdavimo, jų keitimo sistemoje, kūno masės indekso ir maksimalaus širdies ritmo skaičiavimų testavimas**

| Testo tikslas: |  | Patikrinti duomenų apie vartotoją atvaizdavimą, jų keitimą sistemoje, kūno masės indekso ir maksimalaus širdies ritmo skaičiavimus |  |  |     |          |
|----------------|--|--|--|--|-----|----------|
| Testo ID       | Reikalavimai   | Įvykis   | Laukiamas rezultatas                                   | Gautas rezultatas                                      | T/N | Pastabos |
| 1              | Patekus į Vartotojo langą, pateikiami duomenys apie vartotoją.   | Patenkama į Vartotojo langą  | Pateikiami duomenys apie vartotoją                     | Pateikiami duomenys apie vartotoją                     | T   | Nėra     |
| 2              | Paspaudus mygtuką <i>Keisti duomenys</i> atsiranda papildomi laukai duomenų įvedimui.                      | Paspaudžiamas mygtukas <i>Keisti duomenys</i>  | Atsiranda papildomi laukai duomenų įvedimui.           | Atsiranda papildomi laukai duomenų įvedimui.           | T   | Nėra     |
| 3              | Papildomi laukai pildomi raidėmis, paspaudus <i>išsaugoti</i> algoritmas įspėja apie neteisingus duomenys. | Pasirinktas neteisingas domenų įvedimo formatas.   | Vartotojas įspėjamas apie klaidą. Duomenys neišsaugomi | Vartotojas įspėjamas apie klaidą. Duomenys neišsaugomi | T   | Nėra     |
| 4              | Papildomi laukai pildomi skaičiais, paspaudus <i>išsaugoti</i> algoritmas išsaugo duomenys.                | Pasirinktas teisingas domenų įvedimo formatas.   | Vartotojo duomenys išsaugomi                           | Vartotojo duomenys išsaugomi                           | T   | Nėra     |
| 5              | Pagal išsaugotus duomenys algoritmas paskaičiuoja KMI ir maksimalų pulsą.                                  | Duomenys buvo išsaugoti.   | KMI ir maksimalus pulsas yra paskaičiuojami            | KMI ir maksimalus pulsas yra paskaičiuojami            | T   | Nėra     |

4.4 lentelė

**Prisijungimą prie Bluetooth modulio testavimas**

| Testo tikslas: |              | Patikrinti prisijungimą prie Bluetooth modulio |                      |                   |     |          |
|----------------|--------------|--|----------------------|-------------------|-----|----------|
| Testo ID       | Reikalavimai | Įvykis   | Laukiamas rezultatas | Gautas rezultatas | T/N | Pastabos |
| 1              | Vartotojas   | Paspaudus                                      | Atsiranda langas     | Atsiranda langas  | T   | Nėra     |

|   |   |  |  |  |   |      |
|---|---|--|--|--|---|------|
|   | paspaudžia mygtuką <i>Jungtis prie IRS.</i>             | mygtuką <i>Jungtis prie IRS</i> , atsiranda langas su galimais Bluetooth įrenginiais | su galimais Bluetooth įrenginiais                | su galimais Bluetooth įrenginiais                |   |      |
| 2 | Vartotojas pasirenka jam reikalinga Bluetooth įrenginį. | Pasirinktas Bluetooth įrenginys.   | Išmanioji programėlė prisijungia prie įrenginio. | Išmanioji programėlė prisijungia prie įrenginio. | T | Nėra |

4.5 lentelė

#### Seanso trukmės nustatymo ir infraraudonųjų spindulių valdymo sistemos įjungimo testavimas

| Testo tikslas: |  | Patikrinti seanso trukmės nustatymą ir infraraudonųjų spindulių sistemos įjungimą |  |  |     |          |
|----------------|--|---|--|--|-----|----------|
| Testo ID       | Reikalavimai   | Įvykis  | Laukiamas rezultatas                                       | Gautas rezultatas  | T/N | Pastabos |
| 1              | Vartotojas pasirenka seanso trukmę.  | Įvedamą pasirinktą seanso trukmę  | Seanso trukmė yra atvaizduojama.                           | Seanso trukmė yra atvaizduojama.                           | T   | Nėra     |
| 2              | Vartotojas paspaudžia mygtuką <i>Ijungti</i> , kai neprisijungta prie IRS sistemos | Paspaudžia mygtuką <i>Ijungti</i>   | Gaunamas pranešimas jog nėra ryšio su Bluetooth įrenginiu. | Gaunamas pranešimas jog nėra ryšio su Bluetooth įrenginiu. | T   | Nėra     |
| 3              | Vartotojas paspaudžia mygtuką <i>Ijungti</i> , kai prisijungta prie IRS sistemos   | Paspaudžia mygtuką <i>Ijungti</i>   | Ijungiami šildymo elementai.                               | Ijungiami šildymo elementai.                               | T   | Nėra     |
| 4              | Vartotojas paspaudžia mygtuką <i>Išjungti</i> , kai prisijungta prie IRS sistemos  | Paspaudžia mygtuką <i>Išjungti</i>  | Išjungiami šildymo elementai.                              | Išjungiami šildymo elementai.                              | T   | Nėra     |
| 5              | Pasibaigus seanso trukmei šildymo elementai išjungiami                             | Pasibaigė seanso trukmė.  | Išjungiami šildymo elementai                               | Išjungiami šildymo elementai                               | T   | Nėra     |

4.6 lentelė

#### Gaunamų duomenų iš infraraudonųjų spindulių valdymo sistemos atvaizdavimo testavimas

| Testo tikslas: |   | Patikrinti gaunamų duomenų iš infraraudonųjų spindulių sistemos atvaizdavimą |   |  |     |          |
|----------------|---|--|---|--|-----|----------|
| Testo ID       | Reikalavimai  | Įvykis   | Laukiamas rezultatas                                      | Gautas rezultatas                                | T/N | Pastabos |
| 1              | Kai vartotojas prisijungus prie Bluetooth įrenginio iš IRS sistemos turi būti gaunami duomenys kas 10s apie temperatūrą ir pulsą. | Prisijungta prie Bluetooth įrenginio.  | Atvaizduojami duomenys apie temperatūrą ir pulsą kas 10s. | Atvaizduojami duomenys apie temperatūrą kas 10s. | T   | Nėra     |

4.7 lentelė

#### Širdies ritmo ir kūno temperatūros vidurkių atvaizdavimo testavimas

| Testo tikslas: |   | Patikrinti širdies ritmo ir kūno temperatūros vidurkių atvaizdavimą |  |  |     |          |
|----------------|---|---|--|--|-----|----------|
| Testo ID       | Reikalavimai  | Įvykis  | Laukiamas rezultatas                               | Gautas rezultatas                                  | T/N | Pastabos |
| 1              | Paspaudus mygtuką <i>Pulso vidurkis</i> , atvaizduojami duomenys iš DB        | Paspaudžiamas mygtukas <i>Pulso vidurkis</i>                        | Atvaizduojami duomenys apie širdies ritmo vidurkį. | Atvaizduojami duomenys apie širdies ritmo vidurkį. | T   | Nėra     |
| 2              | Paspaudus mygtuką <i>Temperatūros vidurkis</i> , atvaizduojami duomenys iš DB | Paspaudžiamas mygtukas <i>Temperatūros vidurkis</i>                 | Atvaizduojami duomenys apie temperatūros vidurkį.  | Atvaizduojami duomenys apie temperatūros vidurkį.  | T   | Nėra     |

4.8 lentelė

#### Garsinio signalo veikimo sistemoje testavimas

| Testo tikslas: |   | Patikrinti garsinio signalo veikimą sistemoje               |                             |                               |     |  |
|----------------|---|---|-----------------------------|-------------------------------|-----|--|
| Testo ID       | Reikalavimai  | Įvykis  | Laukiamas rezultatas        | Gautas rezultatas             | T/N | Pastabos   |
| 1              | Pasibaigus seanso laikui, įsijungia garsinis signalas.  | Pasibaigia seanso laikas                                    | Įsijungia garsinis signalas | Įsijungia garsinis signalas   | T   | Nėra   |
| 2              | Širdies ritmas realiu laiku viršija maksimalu vartotojo širdies ritmą, įsijungia garsinis signalas. | Širdies ritmas realiu laiku viršija vartotojo širdies ritmą | Įsijungia garsinis signalas | Įsijungia garsinis signalas   | T   | Nėra   |
| 3              | Vartotojo kūno temperatūra viršija leistiną ribą, įsijungia garsinis signalas.                      | Vartotojo kūno temperatūra viršija leistiną ribą.           | Įsijungia garsinis signalas | Neįsijungia garsinis signalas | N   | Garsinis signalas neveikia, nes temperatūra tikrinama IRS valdymo bloke. |

Ištestavus išmaniają programėlę skirta infraraudonųjų spindulių sistemos valdymui pastebėta, kad visi punktai praeina testavimą, išskyrus paskutinį punktą. Iš to galima daryti išvadas, kad algoritmas gali būti tobulinamas ir į jį diegiamos naujos funkcijos. Atsiradus papildomos algoritmo klaidoms, jos privalo būti taisomos.

#### 4.2. Infraraudonosios spindulių valdymo sistemos šilumos pasiskirstymo tyrimas

Šioje dalyje atliktas infraraudonosios spindulių valdymo sistemos šilumos pasiskirstymo tyrimas. Tyrimo tikslas yra išsiaiškinti šildymo elementų paviršiaus įšilimo temperatūrą ir per kokį laikotarpį šildymo elementai pasiekia šią temperatūrą. Matavimai atlikti naudojant termovizorių Fluke TiR. Termovizoriaus duomenys pateikti 4.9 lentelėje.



4.1 pav. Termovizorius Fluke Ti110-0209 [26]

4.9 lentelė

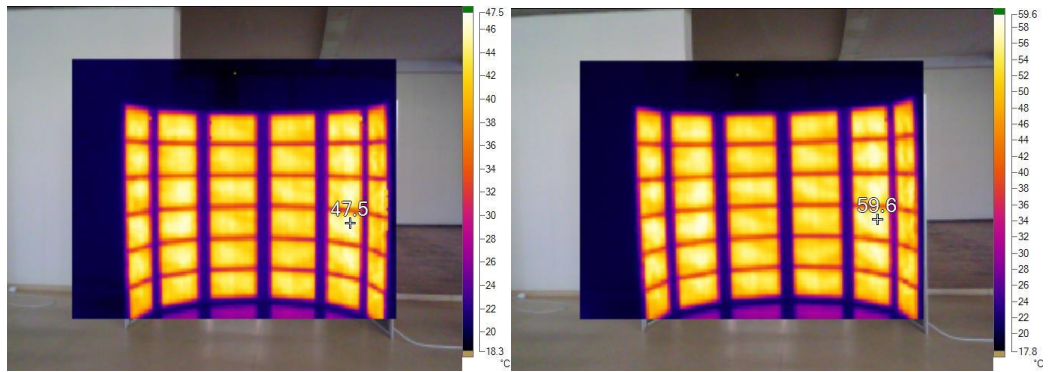
**Termovizorių Fluke Ti110-0209 parametrai**

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| Detektoriaus tipas/Pikselių kiekis: | 160x120 FPA                                     |
| Terminis jautrumas (NETD):          | ≤0.08°C esant 30°C (80mK)                       |
| Fokusas:                            | IR Optiflex fokusavimo sistema                  |
| Temperatūros intervalas:            | nuo -20°C iki +150°C                            |
| Tikslumas:                          | ±2°C arba 2%                                    |
| Emisijos koregavimas:               | Taip  |
| Kameros eksploataciniai režimai:    | Vaizdas vaizde, Autoblend ir IR per visą ekraną |
| Nustatymo kontrolieris:             | Data/laikas, °C/F, kalba;                       |

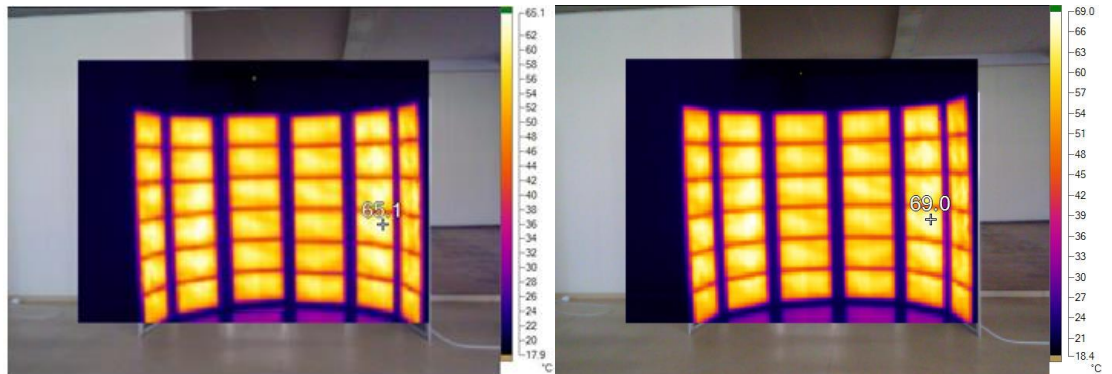
Tyrimo metu atlikti atviros suprojektuotos IR spindulių valdymo sistemos matavimai, kai sistema maitinama 230V įtampa. Žemiau pateiktuose paveikslėliuose matyti šildymo elementų temperatūros didėjimas per tam tikrą laiką.



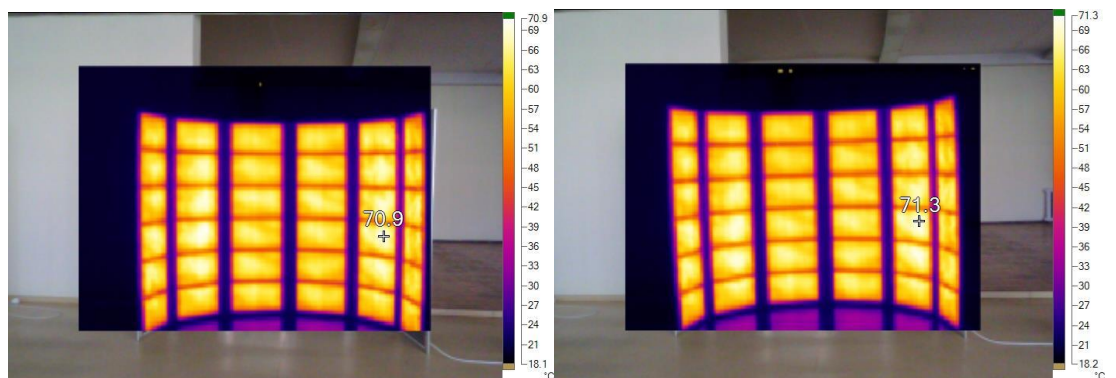
4.2 pav. Atviros IR sistemos elementų nuotrauka testavimo pradžioje



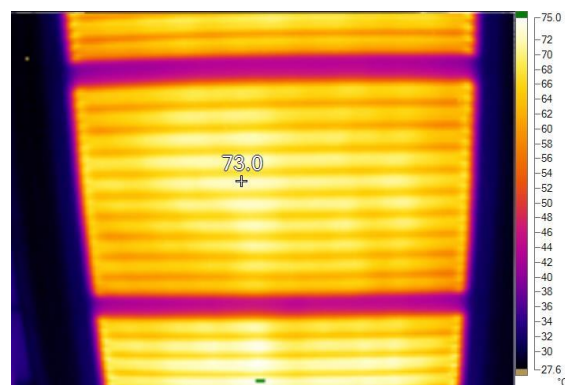
4.3 pav. Atviros IR sistemos elementų nuotrauka po 30s ir 60s nuo pradžios



4.4 pav. Atviros IR sistemos elementų nuotrauka po 90s ir 120s nuo pradžios



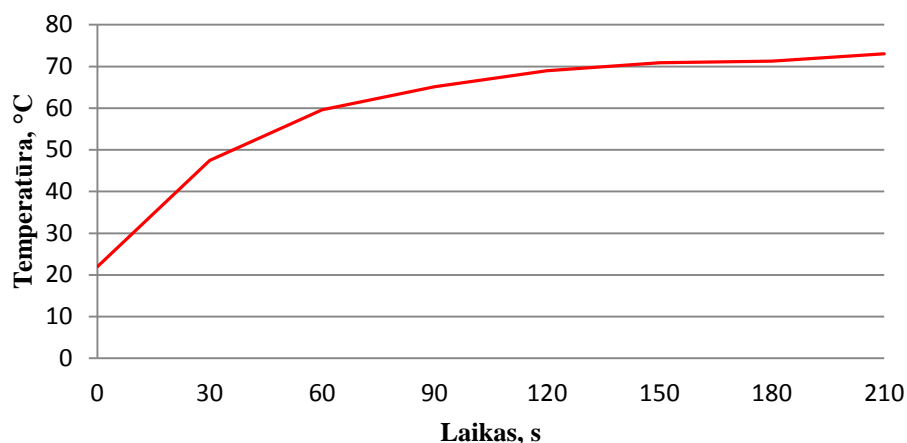
4.5 pav. Atviros IR sistemos elementų nuotrauka po 150s ir 180s nuo pradžios



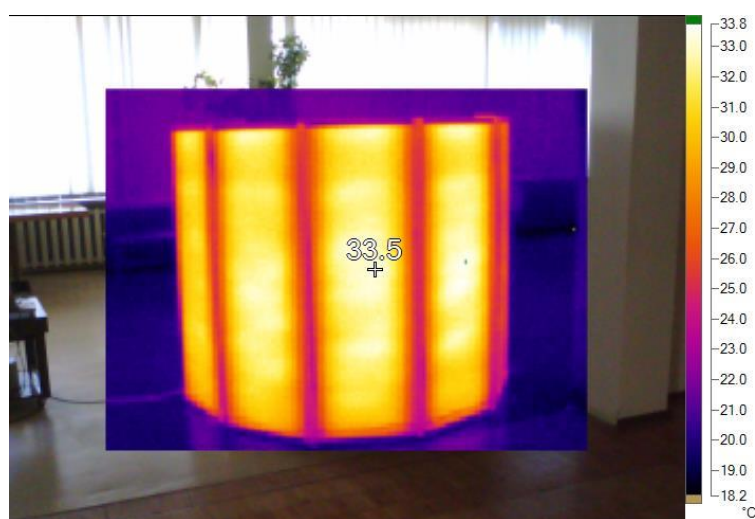
4.6 pav. Atviros IR sistemos elementų nuotrauka po 210s nuo pradžios

Atlikus IR spindulių valdymo sistemos termografinius tyrimus pastebėta, kad šildymo elementų įšilimo laikas yra labai greitas - iki maksimalios temperatūros (73°C) atviroje sistemoje įšilimo laikas 3 minutės 30 sekundžių.

### Atviros IR sistemos elementų šilumos pasiskirstymo matavimo rezultatai



4.7 pav. Atviros IR sistemos elementų šilumos pasiskirstymo priklausomybė nuo testavimo laiko



4.8 pav. Atviros IR sistemos karkaso nugarinės dalies nuotrauka

Gamintojo techninėje specifikacijoje yra skelbiama, kad juostinio tipo plėvelės EX305H darbinė temperatūra yra apie 60°C. Tyrimo rezultatai atskleidžia, kad darbinę šios plėvelės temperatūrą virš 70°C, tai yra 10°C daugiau nei gamintojas deklaruoja. Šildymo elementai pasiekia darbinę temperatūrą virš 70°C per 2 minutes 30 sekundžių. Atviros IR sistemos karkaso nugarinės dalies pusė pasiekia 33,5°C temperatūrą.

### 4.3. Infraraudonosios spindulių valdymo sistemos galios priklausomybės nuo įtampos tyrimas.

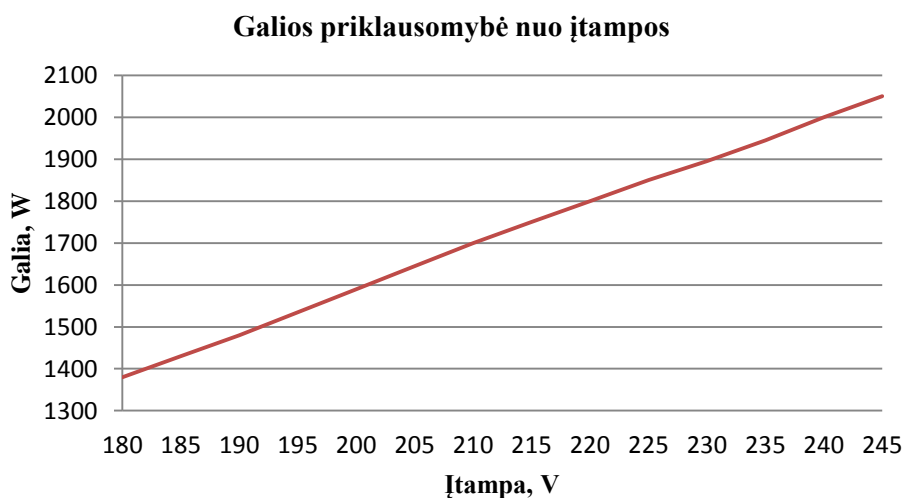
Šioje dalyje aptariami galios priklausomybės nuo įtampos tyrimo rezultatai gauti bandant infraraudonųjų spindulių valdymo sistemą su laboratorinė įranga. Tyrimo tikslas išsiaiškinti, kaip infraraudonųjų spindulių valdymo sistemos suvartojama galia įtakoja įtampos kitimas.



**4.9 pav.** Galios priklausomybės nuo įtampos tyrimui naudojama įranga

4.11 lentelė

Atlikus IR spindulių valdymo sistemos galios priklausomybės nuo įtampos tyrimą pastebėta, kad įtampa didinant kas 5V, IR sistemos suvartojama galia didėja apie 50W.



**4.10 pav.** IR sistemos galios priklausomybės nuo įtampos grafikas

Atliktas IR spindulių valdymo sistemos galios priklausomybės nuo įtampos tyrimas atskleidžia, kad galios priklausomybė nuo įtampos yra tiesinė. Tai yra matoma 4.14 paveikslėlyje. Lietuvoje yra tiekama 230V įtampa, todėl IR spindulių valdymo sistemos galios suvartojimas būtų apie 1895W. Suprojektuota IR spindulių valdymo sistema pagal galios suvartojimo rodiklį atitinka vienas galingiausių IR spindulių valdymo sistemų, kuriomis yra prekiaujama Lietuvoje.

#### 4.4. Poveikio žmogaus organizmui tyrimas

Šioje dalyje aptariami tyrimo rezultatai gauti bandant infraraudonųjų spindulių valdymo sistemą su žmogumi. Tyrimo tikslas nustatyti suprojektuotos IR spindulių valdymo sistemos poveikį žmogaus organizmui. Tyrimas atliktas dalimis:

- Tiriamaojo fiziologinių parametrų ir savijautos analizė;

- Tiriamojo širdies ritmo stebėjimas;
- Tiriamojo skleidžiamos kūno temperatūros stebėjimas;
- Tiriamojo bendro kraujo tyrimas;
- Tiriamojo kūno masės pokytis.

Visos tyrimo dalis atliekamos su to pačiu asmeniu. Tyrimas atliekamas du kartus: pirmojo tyrimo trukmė 30 min., antrojo 20 min..

Pirmojo tyrimo metu stebimi žmogaus širdies ritmo, skleidžiamos kūno temperatūros, kūno masės ir bendrojo kraujo tyrimo pokyčiai.

Antrojo tyrimo metu stebimi žmogaus širdies ritmo ir kūno masės pokyčiai.

Tyrimo metu naudojamos priemonės:

- IR sistema su išmaniają programėlę;
- Termovizorius Fluke Ti110-0209;
- Laikrodis TOMTOM 8RA0;
- Elektroninės svarstyklės.

#### 4.4.1. Tiriamojo fiziologinių parametrų ir savijautos analizė

Šios dalies tikslas aptarti tiriamojo subjekto fiziologinius parametrus, savijautą prieš ir po kiekvieno tyrimo.

4.10 lentelė

**Tiriamojo fiziologiniai parametrai**

| Tiriamasis                |              |
|---------------------------|--------------|
| Lytis                     | Vyras        |
| Amžius                    | 26           |
| Ūgis (cm.)                | 179          |
| Svoris (kg.)              | 74,2         |
| KMI                       | 23,2         |
| Maksimalus širdies ritmas | 194          |
| Sudėjimas                 | Standartinis |

Prieš kiekvieną tyrimą asmens savijauta yra gera. Tiriamas asmuo nesiskundžia jokiais sveikatos negalavimais ir sutinka dalyvauti tyrime.

Pirmasis tyrimas truko 30 min.. Šiuo tyrimo metu asmens savijauta buvo puiki iki dvidešimt penktos minutės. Praėjus šiam laikui, tiriamasis dėl aukštos temperatūros ir gausaus prakaitavimo pradėjo jausti diskomfortą, būnant IR spindulių valdymo sistemoje. Tiramajam subjektui sutikus, neviršijant maksimalaus leistino širdies ritmo, tyrimas buvo tęsiamas iki 30 min.

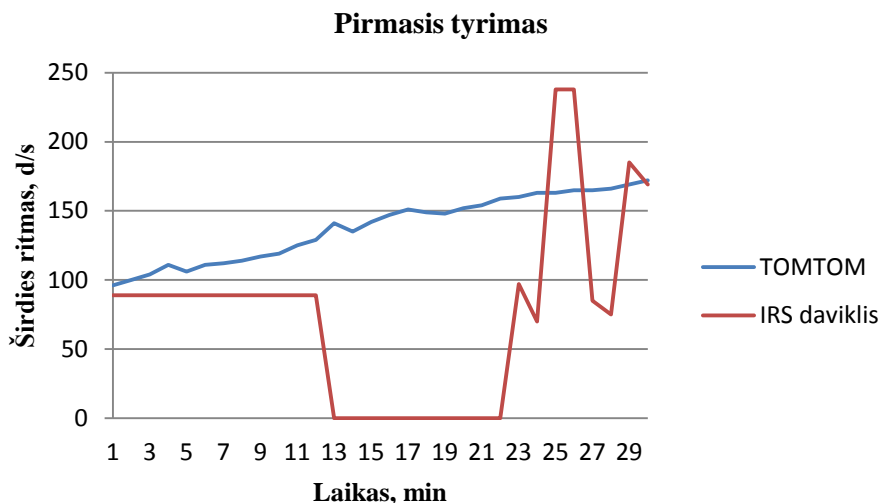
Antrojo tyrimo metu nuspręsta, poveikį tiriamajam tirti, tik 20 min. Viso tyrimo metu asmuo jautiesi puikiai, jokių nusiskundimų neturėjo.

Abiejų tyrimų metu gausus prakaitavimas pastebėtas apie 10 min. Pagal tiriamojo fiziologinius parametrus ir jo atsiliepimus po tyrimo, galima teigti, kad IR spindulių valdymo sistemos skleidžiama šiluma vartotojui, esančiam sistemoje, yra intensyvi. Galima daryti prielaidą, kad IR sistemoje rekomenduojama būti iki 20 min. Kitu atveju, gali būti juntamas diskomfortas.



#### 4.4.2. Tiriamojo širdies ritmo stebėjimas

Abiejų tyrimų metu tiriamojo asmens širdies ritmas stebimas su IR spindulių valdymo sistemoje sumontuotų pulso davikliu ir laikrodžiu TOMTOM 8RA0, kuris turi savyje integruotą pulso daviklį. Dėl IR spindulių valdymo sistemoje sumontuoto pulso daviklio klaidingų momentinių parametru, teko išjungti IR spindulių valdymo sistemos apsaugą. Ši sistema skirta apsaugoti tiriamąjį, jeigu jo širdies ritmas viršis maksimalų leistiną širdies ritmą, tai yra 194 dužius per minutę (d/min.).

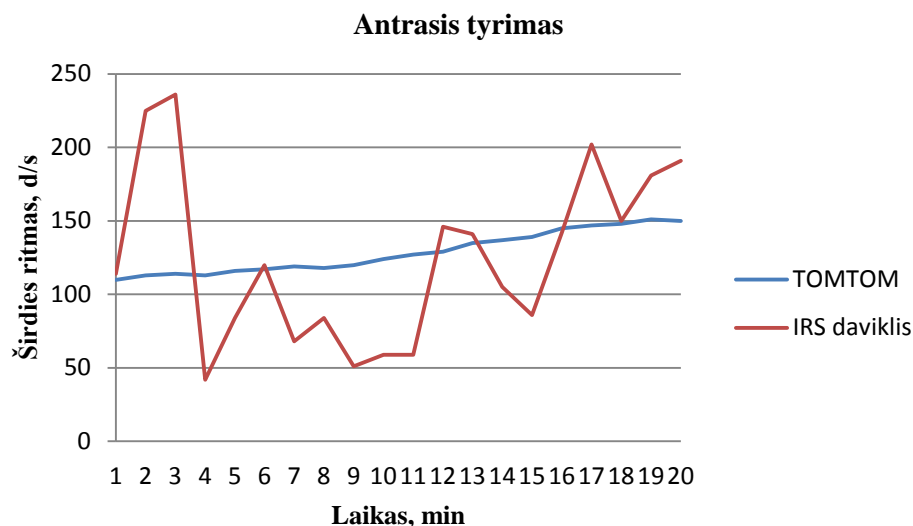


**4.11 pav.** Pirmojo tyrimo širdies ritmo priklausomybės nuo laiko grafikas

Pirmojo tyrimo grafike, kuriame yra atvaizduojama tiriamojo širdies ritmo priklausomybė nuo laiko, pastebima, kad IR spindulių valdymo sistemoje sumontuoto pulso daviklio ir laikrodžio TOMTOM 8RA0 parametrai visiškai skiriasi.

Kaip ir tikėtasi iš literatūros analizės apžvalgos, laikrodžio TOMTOM 8RA0 širdies ritmo kreivė laikui bėgant kyla į viršų, tai vyksta didėjant kūno temperatūrai. Tyrimo pradžioje tiriamojo širdies ritmas buvo 96 d/min., tyrimo pabaigoje širdies ritmas pakilo iki 172 d/min., taip ir nepasiekdamas maksimalaus leistino širdies ritmo. Viso tyrimo metu vidutinis širdies ritmas buvo 138 d/min.. Daugiausiai laiko tiriamojo organizmas buvo laktato kaupimosi zonoje, tai 80-90 proc. nuo maksimalaus širdies ritmo.

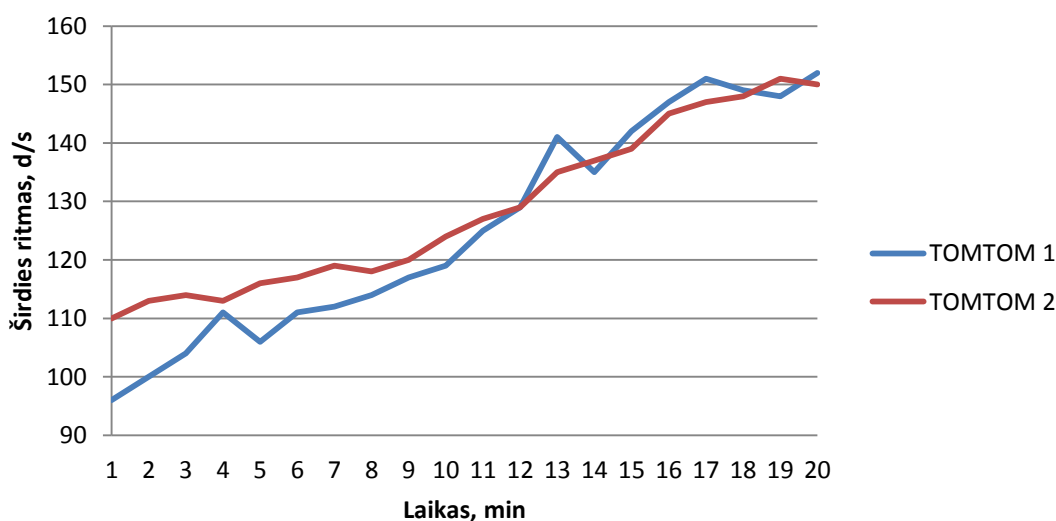
Paliginus IR spindulių valdymo sistemoje sumontuoto pulso daviklio duomenys su laikrodžio TOMTOM 8RA0 gaunama didžiulę paklaidą. Iki 12 min. pulso daviklio duomenys nekito, buvo ties 89 d/min. nuo 13 iki 22 min. IR spindulių valdymo sistema nesaugojo jokių duomenų į DB dėl nutrukusios Bluetooth sąsajos tarp IR spindulių valdymo sistemos ir išmaniosios programėlės. Nuo 23 min. sąsaja buvo gražinta tarp įrenginių ir duomenys sėkmingai saugomi į duomenų bazę. Nepaisant to, gaunamų rezultatų reikšmės išliko chaotiškos. Atsižvelgus į gautus rezultatus, antrajam tyrimui nutarta pakeisti pulso daviklį.



**4.12 pav.** Antrojo tyrimo širdies ritmo priklausomybės nuo laiko grafikas

Pakeitus IR spindulių valdymo sistemoje sumontuotą pulso daviklį antrajame tyrime pastebima, kad iš jo gaunami duomenys vis dar yra netikslūs ir laikui bėgant svyruoja nuo 42 iki 236 d/min. Vis dėlto, gaunami rezultatai gerėja, nes jau nebėra ilgą laiką nekintančių reikšmių.

Laikrodžio TOMTOM 8RA0, kaip ir pirmojo bandymo metu, širdies ritmo kreivė laikui bėgant kyla į viršų. Tyrimo pradžioje tiriamojo širdies ritmas buvo 110 d/min., tyrimo pabaigoje širdies ritmas pakilo iki 150 d/min. Viso tyrimo metu vidutinis širdies ritmas buvo 129 d/min.. Antrojo tyrimo metu tiriamojo organizmas daugiausiai laiko buvo riebalų deginimo zonoje, tai 60-70 proc. nuo maksimalaus širdies ritmo.



**4.13 pav.** Laikrodžio TOMTOM 8RA0 širdies ritmo rodmenys

Palyginus atliktus abu tyrimus su laikrodžiu TOMTOM 8RA0, matoma, kad abiejų tyrimų metu širdies ritmo rodmenys kyla laiko ašyje panašiu tempu. Nuo 9 minutės tarp pirmojo ir antrojo matavimų pulso paklaida yra tik keli laipsniai.

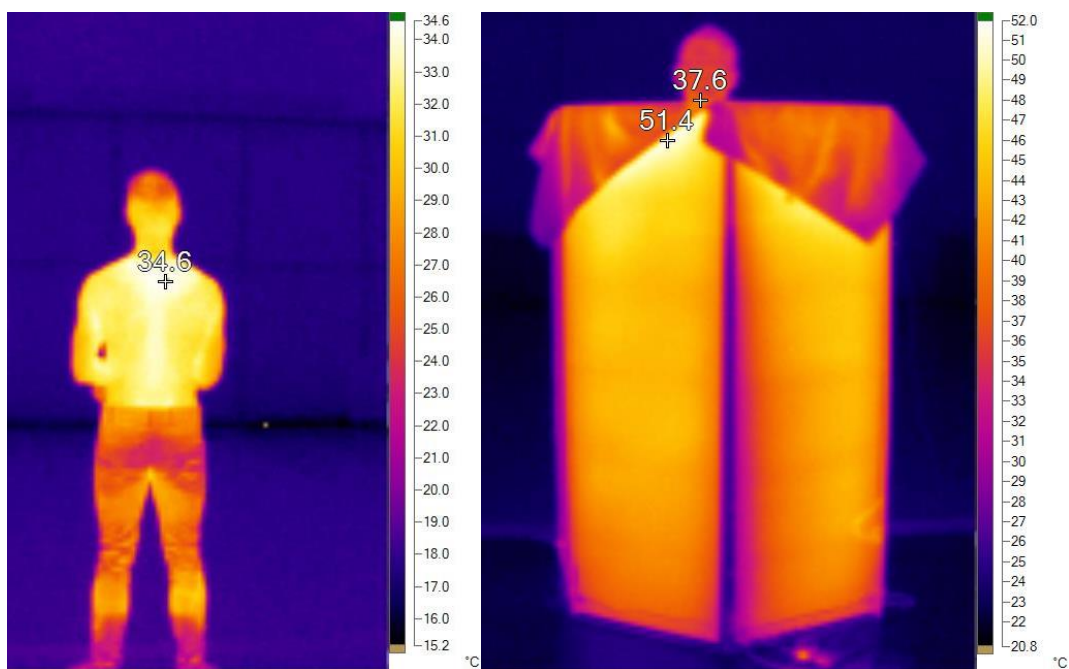
Apibendrinus tyrimo rezultatus galima patvirtinti prielaidą, kad IR spindulių valdymo sistemoje didžiausias naudingumas pasiekiamas būnant ne ilgiau nei 20 min. IR spindulių valdymo sistemoje būnant iki nustatyto laiko yra efektyviau deginami riebalai, mažiau apkraunant širdies raumenį. Nuo 20 min. patenkama į laktato kaupimosi zoną, kuri apkrauna širdies raumenį, kaip atliekant sunkų fizinį darbą, todėl vartotojas jaučia diskomfortą. Tyrimo metu nustatyta, kad IR spindulių valdymo sistemoje sumontuotas pulso daviklis tyrimo eigoje pateikia netikslūs duomenys.

To priežastimi gali būti blogas daviklio kontaktas su vartotojo kūnu arba gamyklinis surinkimo defektas.

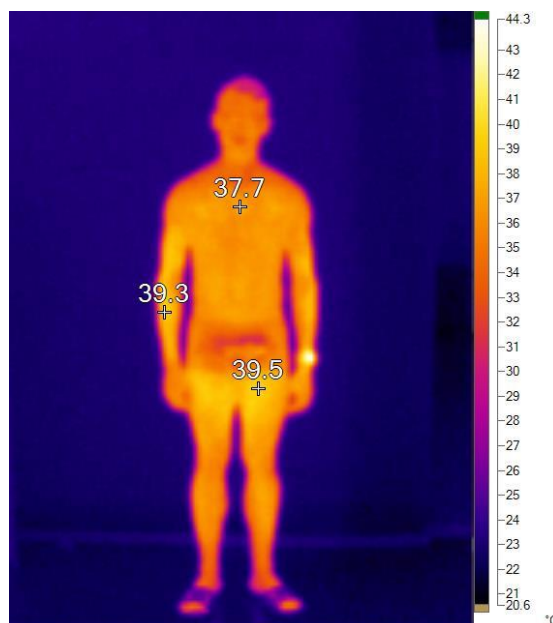
#### 4.4.3. Tiriamojo skleidžiamos kūno temperatūros stebėjimas

Šioje dalyje aptariamas infraraudonųjų spindulių sistemos šiluminio spinduliavimo poveikis tiriamojo kūno temperatūrai. Atliekant IR spindulių valdymo sistemos MLX90614 IR spindulių temperatūros daviklio algoritmo testavimą, MLX90614 temperatūros daviklis buvo sugadintas ir nebetinkamas tolimesniam naudojimui. Neradus jo analogo, nuspręsta tyrimą atlikti naudojant termovizorių Fluke Ti110-0209.

Atliekant tyrimą su termovizorium, negalima atlikti tiriamojo temperatūros stebėjimo, kas tam tikrą, numatytą laiką. Atliekant stebėjimą su termovizorium, kai tiriamasis yra IR spindulių valdymo sistemoje, termovizoriaus kamera gauna daug pašalinės spinduliuotės skleidžiamos šildymo elementų, todėl gaunami rezultatai yra netikslūs. Tyrimo metų padarytos tris nuotraukos: penkios minutes prieš tyrimą, 25 tyrimo minutę ir 30 tyrimo minutę.



4.14 pav. Tiriamojo nuotrauka penkios minutes prieš tyrimą ir 25 tyrimo minutę



4.15 pav. Tiriamojo nuotrauka 30 tyrimo minutę

Pirmoje nuotraukoje matyti, kad 5 minutės prieš tyrimą, asmens aukščiausia kūno temperatūra yra 34,6 °C. Tai šiek tiek aukštesnė nei vidutinė žmogaus odos temperatūra, kuri yra apie 33,2°C ± 1°C.

Antroje nuotraukoje matyti tiriamojo nuotrauka 30 tyrimo minutę. Aukščiausia matoma tiriamojo kūno temperatūra yra 39,5 °C, o aukščiausia uždaro IR spindulių valdymo sistemos karkaso nugarinės dalies temperatūra yra 51,4 °C.

Trečioje nuotraukoje matyti tiriamojo nuotrauka 25 tyrimo minutę. Aukščiausia ant tiriamojo matoma temperatūra yra 37,6 °C. Ši temperatūra yra atvaizduojama ant apatinio trikotažo, kuris dėl kūno spinduliuojamos šilumos ir absorbcijos įkaista labiausiai. Tiriamojo odos temperatūra aukščiausia yra ant rankos – 39,3 °C. Krūtinės ląstos aukščiausia temperatūra yra 37,7 °C.

Apžvelgus tyrimo rezultatus matyti, kad projektuotoje IR spindulių valdymo sistemoje tiriamojo temperatūra pakilo 4,7 °C per 30 minučių. Atsižvelgus į tai galima daryti išvadą, kad yra mažai tikėtina vieno apsilankymo metu, trunkančio apie 20 min., pasiekti kritinę 44 °C laipsnių kūno įšilimo temperatūrą.

#### 4.4.4. Tiriamojo bendro kraujo tyrimas

Norint tiksliau įvertinti suprojektuotos sistemos poveikį tiriamojo organizmui, papildomai atliktas bendro kraujo tyrimas „Medicina practica“ laboratorijoje. Tyrimas atliktas prieš naudojimąsi IR spindulių valdymo sistema ir po 30 min. trukmės buvimo IR spindulių valdymo sistemoje. Rezultatai penkių svarbiausių bendrojo kraujo tyrimo parametrų pateikti 4.11 lentelėje.

4.11 lentelė

**Atliktų bendro kraujo tyrimų rezultatų paliginimas**

| Tyrimas            | Matavimo vienetai    | Normos ribos                       | Prieš buvimą IR spindulių valdymo sistemoje | Po buvimo IR spindulių valdymo sistemoje | Skirtumas |
|--------------------|----------------------|------------------------------------|---|--|-----------|
| WBC (leukocitai)   | x10 <sup>9</sup> /l  | 4.0-8.0                            | 5,92  | 5,63                                     | -0,29     |
| RBC (eritrocitai)  | x10 <sup>12</sup> /l | Moterims 4.1-5.1<br>Vyrams 4.5-5.9 | 5,10  | 5,30                                     | +0,2      |
| HGB (hemoglobinas) | g/l                  | Moterims 123-153<br>Vyrams 140-175 | 148   | 152                                      | +4        |
| PLT (trombocitai)  | x10 <sup>9</sup> /l  | 130-400                            | 242   | 258                                      | +16       |
| LY (limfocitai)    | x10 <sup>9</sup> /l  | 1.0-4.5                            | 2,16  | 1,94                                     | -0,22     |

Kaip ir buvo tikimasi rezultatuose matyti, kad leukocitų ir limfocitų skaičius nukrito. Limfocitų skaičius nukrito net 10% palyginus su buvusiu reikšme, būtent tai ir įtakojo leukocitų sumažėjimą. Bet tai yra visiškai normalus poveikis į šį spindulinį IR spindulių gydymą.

To tarpu, eritrocitų, hemoglobino ir trombocitų skaičius organizme pakilo. Iš jų skaičiaus padidėjimo galime spręsti, kad pagerėjo deguonies pernešimas po visą organizmą ir kraujo krešėjimas.

Apibendrinus gautus bendro kraujo tyrimo rezultatus nustatyta, kad suprojektuotos IR spindulių valdymo sistemos poveikis tiriamojo organizmui po apsilankymo IR spindulių valdymo sistemoje yra teigiamas.

#### 4.4.5. Tiriamojo kūno masės pokytis

Kadangi dalis vartotojų naudojami IR spindulių valdymo sistemomis norėdami numesti svorio, yra svarbu išsiaiškinti koks yra bendras kūno masės pokytis po buvimo IR spindulių valdymo sistemoje. Šiam tikslui atlikti du tyrimai. Tyrimo rezultatai pateikti 4.12 lentelėje.

**Tiriamąo kūno masės pokytis**

| Tyrimas           | Prieš tyrimą | Po tyrimo | Pokytis |
|-------------------|--------------|-----------|---------|
| Pirmasis (30 min) | 74,2 kg.     | 74 kg.    | 0,2 kg. |
| Antrasis (20 min) | 74,1 kg.     | 73,95 kg. | 0,15 kg |

Įvertinus gautus rezultatus matome, kad tiriamasis per 50 min. buvimo IR spindulių valdymo sistemoje neteko 350 g. svorio. Antrojo tyrimo metu tiriamasis neteko daugiau svorio nei pirmojo, o tai dar karta patvirtina hipotezę, kad IR spindulių valdymo sistemoje svoris efektyviau yra metamas būtent riebalų deginimo zonoje.

**4.5. Infraraudonosios spindulių sistemos algoritmo efektyvumo testavimas**

Infraraudonosios spindulių valdymo sistemos algoritmo efektyvumo testavimas skirtas nustatyti algoritmo efektyvumą, kai sistemos vartotojo kūno parametrai pasiekia kritinės ribas. Kritinės ribos:

- Žmogaus kūno temperatūra viršija leistiną ribą;
- Žmogaus širdies ritmas viršija maksimalų individualiai paskaičiuotą širdies ritmą.

*4.5.1. Žmogaus kūno temperatūros viršijimo leistiną ribą testavimas*

Suprojektuotos IR spindulių valdymo sistemos algoritme, žmogaus kūno temperatūros viršijimą stebi Arduino algoritmas, tai aprašyta 3.2.1 poskyryje. Pagal algoritmą, jei temperatūra viršija leistiną ribą – 44°C, tai ji yra dar kartą tikrinama po 5 sekundžių ir sistema yra išjungama.

Dėl techninių kliūčių algoritmo testavimas buvo atliktas su LM35 temperatūros davikliu, kurio temperatūros diapazonas atitinka MLX90614 IR spindulių temperatūros daviklio diapazoną, tačiau LM35 daviklis reaguoja ne į IR spinduliavimą, o į aplinkos temperatūrą.

**Žmogaus kūno temperatūra viršija leistiną ribą**

| Testo tikslas: |  | Žmogaus kūno temperatūra viršija leistiną ribą                   |                                  |                                  |     |          |
|----------------|--|--|----------------------------------|----------------------------------|-----|----------|
| Testo ID       | Reikalavimai   | Įvykis   | Laukiamas rezultatas             | Gautas rezultatas                | T/N | Pastabos |
| 1              | Imituojama vartotojo kūno temperatūra, ji neviršija leistinos ribos.                                 | Temperatūra neviršija leistinos ribos.                           | Šildymo elementai veikia toliau. | Šildymo elementai veikia toliau. | T   | Nėra     |
| 2              | Imituojama vartotojo kūno temperatūra, ji viršija leistinos ribą, tačiau po 3s nukrenta žemiau 44°C. | Temperatūra viršija leistiną ribą ir po 3s nukrenta žemiau 44°C. | Šildymo elementai veikia toliau. | Šildymo elementai veikia toliau. | T   | Nėra     |
| 3              | Imituojama vartotojo kūno temperatūra, ji viršija leistinos ribą ir nenukrenta žemiau 44°C.          | Temperatūra viršija leistiną ribą                                | Išjungiami šildymo elementai     | Išjungiami šildymo elementai     | T   | Nėra     |

Iš testavimo rezultatų matyti, kad algoritmas, pastebėjęs leistinos ribos viršijimą, išjungia šildymo elementus. Papildomas ciklas skirtas tikrinti temperatūrą po 5 sekundžių taip pat veikia tinkamai. Galima daryti išvadas, kad algoritmo dalis atsakinga už žmogaus kūno temperatūros viršijimo leistiną ribą veikia efektyviai.

4.5.2. Žmogaus širdies ritmo viršijimo maksimalų individualiai paskaičiuotą širdies ritmą testavimas

Už žmogaus širdies ritmo stebėjimą, maksimalaus leistino širdies ritmo skaičiavimą ir paliginimą su esamo pulso maksimalia leistina riba yra atsakingas išmaniosios programėlės algoritmas. Algoritmo testavimas atliktas su numatytu projektavimo dalyje pulso davikliu. Tam kad būtų geras kontaktas, pulso daviklis privalo būti tinkamai laikomas arba prikabinamas prie piršto. Gauti rezultatai pateikti 4.14 lentelėje.

4.14 lentelė

**Žmogaus širdies ritmas viršija maksimalų individualiai paskaičiuotą širdies ritmą**

| Testo tikslas: |  | Žmogaus širdies ritmas viršija maksimalų individualiai paskaičiuotą širdies ritmą |                                  |                               |     |  |
|----------------|--|---|----------------------------------|-------------------------------|-----|--|
| Testo ID       | Reikalavimai   | Įvykis  | Laukiamas rezultatas             | Gautas rezultatas             | T/N | Pastabos   |
| 1              | Pulso daviklis prijungiamas prie žmogaus, esant jam ramioje būsenoje.                                | Pulso daviklio rodmenys neviršija leistinos ribos.                                | Šildymo elementai veikia toliau. | Išjungiami šildymo elementai. | N   | Pastebėta momentinių pulso reikšmių viršijančių leistiną ribą. |
| 2              | Pulso daviklis prijungiamas prie žmogaus, kuriam dirbtinai sukeltas širdies ritmas per fizinį krūvį. | Pulso daviklio rodmenys viršija leistinos ribos.                                  | Išjungiami šildymo elementai.    | Išjungiami šildymo elementai. | T   | Nėra   |

Testavimo rezultatai atskleidžia, kad viršijus leistiną maksimalų žmogaus pulsą, sistema sėkmingai išjungia šildymo elementus. Pastebėta, kad netinkamai veikiantis pulso daviklis pateikia klaidingus duomenys, kuriems viršijus leistiną ribą taip pat išjungiami šildymo elementai.

**4.6. Infraraudonosios spindulių valdymo sistemos tyrimo apibendrinimas**

Atliktų infraraudonosios spindulių valdymo sistemos tyrimų rezultatai:

1. Ištestavus išmaniąją programėlę skirta infraraudonųjų spindulių valdymo sistemai pastebėta, kad visi punktai praeina testavimą, išskyrus paskutinį punktą. Iš to galima daryti išvadas, kad algoritmas gali būti tobulinamas ir į jį diegiamos naujos funkcijos. Atsiradus papildomos algoritmo klaidoms, jos privalo būti taisomos.
2. Atlikto infraraudonųjų spindulių valdymo sistemos šilumos pasiskirstymo tyrimo rezultatai atskleidžia, kad darbinę juostinio tipo plėvelės EX305H temperatūrą yra virš 70°C, tai yra 10°C daugiau nei gamintojas deklaruoja. Šildymo elementai pasiekia darbinę temperatūrą virš 70°C per 2 minutes 30 sekundžių. Atviros IR spindulių valdymo sistemos karkaso nugarinės dalies pusė pasiekia 33,5°C temperatūrą.
3. Atlikto IR spindulių valdymo sistemos galios priklausomybės nuo įtampos tyrimo rezultatai atskleidžia, kad galios priklausomybė nuo įtampos yra tiesinė. IR spindulių valdymo sistemos galios suvartojimas yra apie 1895W.
4. Atlikto IR spindulių valdymo sistemos poveikio žmogaus organizmui rezultatai atskleidžia, kad:
  - Pagal tiriamojo fiziologinius parametrus ir jo atsiliepimus po tyrimo, IR spindulių valdymo sistemos skleidžiama šilumą vartotojui esančiam sistemoje yra

intensyvi. Nustatyta, jog didžiausias efektyvumas ir naudingumas pasiekiamas IR spindulių valdymo sistemoje būnant ne ilgiau 20 min.;

- IR spindulių valdymo sistemoje sumontuoto pulso daviklio pateikiami duomenys tyrimo eigoje yra netikslius. Tačiau tyrimo metu naudojant laikrodį TOMTOM 8RA0, kuris turi savyje integruotą pulso daviklį, širdies ritmo matavimo rezultatai laikui bėgant tolygiai kyla, nepasiekdami maksimalios širdies ritmo reikšmės;
- Suprojektuotoje IR spindulių valdymo sistemoje tiriamojo temperatūra pakilo 4,7 °C per 30 minučių, iki 39,3 °C. Atsižvelgus į tai galima manyti, jog yra mažai tikimybė vieno apsilankymo metu, trunkančio apie 20 min., pasiekti kritinę 44 °C laipsnių kūno įšilimo temperatūrą;
- Atsižvelgus į gautus bendro kraujo tyrimo rezultatus, suprojektuotoje IR spindulių valdymo sistemos poveikis tiriamojo organizmui po apsilankymo IR sistemoje yra teigiamas;
- Tiriamasis per 50 min. buvimo IR spindulių valdymo sistemoje neteko 350 g. svorio. Antrojo tyrimo metu tiriamasis neteko daugiau svorio nei pirmojo. Tai patvirtina hipotezę, kad IR sistemoje svoris efektyviau yra metamas riebalų deginimo zonoje.

5. Atlikus infraraudonosios spindulių valdymo sistemos algoritmo efektyvumo testavimą pastebėta, kad :

- Algoritmo dalis atsakinga už žmogaus kūno temperatūros viršijimo leistiną ribą veikia efektyviai;
- Dėl netinkamai veikiančio pulso daviklio pateikiamų klaidingų duomenų, viršijama maksimali leistina širdies ritmo riba, ko pasėkoje yra išjungiami šildymo elementai.

## 5. IŠVADOS

1. Magistro baigiamajame darbe buvo įvykdytas nustatytas tikslas: Suprojektuota IR spindulių valdymo sistema, kontroliuojama išmaniaisiais įrenginiais, analizuojanti žmogaus fiziologinius parametrus ir atliktas jos tyrimas.
2. Atlikus infraraudonųjų spindulių analizę buvo nustatyta, kad sugėrimo koeficientas yra viena svarbiausių infraraudonųjų spindulių charakteristikų. Žmogus geriausiai sugeria tolimųjų IR spindulių diapazono dalį, kadangi ši IR spinduliavimo dalis atitinka paties žmogaus kūno spinduliavimą.
3. Atlikus rinkoje paplitusių infraraudonųjų spindulių saunų analizę, patepėta, kad jų funkcionalumo galimybės yra ribotos. Sistemos neturi galimybės būti valdomos išmaniaisiais įrenginiais ir analizuoti žmogaus fiziologinius parametrus.
4. Atlikus analizę nustatytas IR spindulių teigiamas poveikis žmogaus organizmui. Teigiamas poveikis buvo įrodytas suprojektuotos IR spindulių valdymo sistemos tyrimo metu, iš gautu rezultatų po vartotojo apsilankymo IR spindulių valdymo sistemoje.
5. Atlikus IR spindulių generavimo elementų išdėstymo skaičiavimus nustatyta, kad infraraudonųjų spindulių sistemos karkasui efektyviausia yra naudoti rombo figūros konstrukciją, kuomet naudojami šildymo elementai, kurių temperatūra gali pasiekti 80°C. Kitu atveju, patartina naudoti šešiakampio tipo karkasą su silpnesniais šildymo elementais.
6. Projektuojant IR spindulių valdymo algoritmą išmaniuoju įrenginiu būtina projektuoti dviejų tipų algoritmus: mikrovaldiklio algoritmą ir išmaniosios programėlės algoritmą. Įrenginiai tarpusavyje bendrauja Bluetooth sąsajos dėka.
7. Atliekant suprojektuotos IR spindulių valdymo sistemos realizavimą buvo nustatyta, kad nenaudojant papildomos termoizoliacinės medžiagos tarp kompozitinių plokščių ir šildymo elemento, spinduliuojamos energijos efektyvumas krenta, dėl susilietimo taškų tarp kompozitinių plokščių ir šildymo elementų.
8. Atliekant suprojektuotos IR spindulių valdymo sistemos tyrimą buvo nustatyta, kad efektyviausia IR spindulių valdymo sistemą naudoti iki 20 minučių, naudojant sistemą ilgesnį laiką vartotojas gali justis diskomfortą. Algoritmų testavimo metu nustatyta, kad sistemos algoritmas funkcionalumas atitinka 96% numatytų funkcijų, o algoritmų efektyvumas 86%.

Apžvelgiant visą projektavimą ir tyrimą pastebėta, kad infraraudonųjų spindulių valdymo sistemų srityje dar yra daug neapžvelgtų sprendimų ir galimybių, todėl galimi šie sistemos tobulinimo variantai:

- Keičiant karkaso formą ir medžiagas;
- Pildant sistemą įvairesniais davikliais, tokiu būdu, išgaunant daugiau domenų apie vartotoją;
- Išmaniosios programėlės kūrimui naudojant kitą įrankį ar programinę įrangą;
- Kuriant algoritmą, kuris stebėdamas ir kaupdamas duomenys apie vartotojo fiziologinius parametrus ir atsižvelgdamas į vartotojo pageidavimus parinktu tinkamiausius seanso parametrus.



## Literatūra

1. Šiluminis spinduliavimas [interaktyvus]. Vilniaus universitetas [žiūrėta 2016-04-16]. Prieiga per internetą: <http://www1066.vu.lt/images/optika/osk7t.pdf>;
2. Radiant Infrared Heating - Theory & Principles. Chromalox technical documents [interaktyvus]. I-28, Technical Information [žiūrėta 2016-04-16]. Prieiga per internetą: <http://www.chromalox.com/catalog/resources/technical-information/Heat-Loss-Calculations-and-Heater-Selection-Radiant-Infrared-Heating.pdf>
3. Donatas Butkus. Nejonizuojančiosios spinduliuotės valdymo metodinės rekomendacijos [interaktyvus]. Vilniaus Gedimino technikos universitetas. Vilnius, 2012 [žiūrėta 2016-04-16]. Prieiga per internetą: [http://nvspl.lt/nvspl/m/m\\_files/wfiles/file219.pdf](http://nvspl.lt/nvspl/m/m_files/wfiles/file219.pdf)
4. Energijos pasiskirstymas absoliučiai juodo kūno spinduliavimo spektre esant skirtingoms temperatūroms [interaktyvus]. www. quora.com [žiūrėta 2016-05-08]. Prieiga per internetą: <https://www.quora.com/What-makes-us-sense-infrared-radiation-as-heat-but-not-other-regions-of-the-EM-spectrum>;
5. Inžinerinių technologijų projektavimas: mokojoji knyga [interaktyvus]. Akademija: Henrikas Novošinskas 2012. [žiūrėta 2016-04-16]. Prieiga per internetą: [http://dSPACE.lzu.lt/bitstream/1/1935/1/Inzinerineriniu\\_technologiju\\_projektavimas.pdf](http://dSPACE.lzu.lt/bitstream/1/1935/1/Inzinerineriniu_technologiju_projektavimas.pdf).
6. Spindulinis šildymas [interaktyvus] Litkama.lt. [žiūrėta: 2015-05-17]. Šaltinis: <http://www.litkama.lt/infraraudonasis-spindulinis-sildymas/>;
7. Infraraudonųjų spindulių poveikis organizmui [interaktyvus] siluma.laroma.lt. [žiūrėta: 2015-05-17]. Šaltinis: [http://siluma.laroma.lt/pdf/Straipsnis\\_1.pdf](http://siluma.laroma.lt/pdf/Straipsnis_1.pdf);
8. Infraraudonasis spinduliavimo spektras [interaktyvus] Poveikis organizmui. [žiūrėta: 2016-04-17]. Šaltinis: <http://klaira.lt/technologijos/poveikis-organizmui/>;
9. Michelle Tannam, Žmogaus termoreguliacinės sistemos atsakas į infraraudonusius spindulius [interaktyvus]. Trinity kolegija, Dublinas, 2012 [žiūrėta: 2016-04-17]. Šaltinis: [http://www.ceramicx.com/documents/Human\\_Comfort\\_Heating\\_Research.pdf](http://www.ceramicx.com/documents/Human_Comfort_Heating_Research.pdf);
10. Mantas Eimantas, Organizmo aklimacijos hipertermijai poveikis raumenų darbingumui, Magistro baigiamasis darbas [interaktyvus] Lietuvos kūno kultūros akademija, Kaunas, 2008 [žiūrėta: 2016-04-17]. Šaltinis: [http://vddb.library.lt/fedora/get/LT-eLABa-0001:E.02~2008~D\\_20080618\\_125759-92450/DS.005.0.01.ETD](http://vddb.library.lt/fedora/get/LT-eLABa-0001:E.02~2008~D_20080618_125759-92450/DS.005.0.01.ETD);
11. Lėtinis karščiavimas ir to priežastys, straipsnis [interaktyvus]. ligos.sveikas.lt, 2011 [žiūrėta: 2016-04-22]. Šaltinis: [http://ligos.sveikas.lt/lt/ligos\\_straipsniai/letinis\\_karsciavimas\\_ir\\_to\\_priezastys/](http://ligos.sveikas.lt/lt/ligos_straipsniai/letinis_karsciavimas_ir_to_priezastys/);
12. Apie žmogaus kūno temperatūrą. Karščiuojančio paciento slauga, straipsnis [interaktyvus]. /slaugytojams.wordpress.com, 2013 [žiūrėta: 2016-04-22]. Šaltinis: <https://slaugytojams.wordpress.com/2013/11/11/apie-zmogaus-kuno-temperatura-karsciuojancio-paciento-slauga/>;
13. Markus MacGill ir Dr Helen Webberley, Širdies ritmas, straipsnis [interaktyvus]. Medicalnewstoday.com, 2015 [žiūrėta: 2016-04-22]. Šaltinis: <http://www.medicalnewstoday.com/articles/235710.php>;
14. Maksimalaus širdies ritmo skaičiuotuvai [interaktyvus]. nowlin.com [žiūrėta: 2016-04-22]. Šaltinis: <http://nowlin.com/hearttrate.htm>;
15. Treniruotės intensyvumas – kas tai ir kodėl tai svarbu?, Straipsnis [interaktyvus]. goodlifecub.lt, 2014 [žiūrėta: 2016-04-22]. Šaltinis: <http://goodlifecub.lt/akademija/treniruotes-intensyvumas-kas-tai-ir-kodel-tai-svarbu/>;
16. Pirtis: kada vaistas, o kada ne, Straipsnis [interaktyvus]. delfi.lt, 2012 [žiūrėta: 2016-04-23]. Šaltinis: <http://www.delfi.lt/gyvenimas/archive/pirtis-kada-vaistas-o-kada-ne.d?id=60029353>;

17. Momentiniai infraraudonųjų spindulių šildytuvai [interaktyvus]. irsiluma.lt [žiūrėta: 2016-04-23]. Šaltinis: <http://www.irsiluma.lt/47-momentiniai-infraraudonuju-spinduliu-sildytuvai>;
18. Poveikis aplinkai [interaktyvus] heat-plus.lt. [žiūrėta: 2015-05-16]. Šaltinis: <http://heat-plus.lt/poveikis-aplinkai/>;
19. Pilnai padengta plėvelė [interaktyvus] heat-plus.lt. [žiūrėta: 2015-05-16]. Šaltinis: <http://heat-plus.lt/pilnai-padengta-sildymo-plevele/>;
20. Juostinio tipo plėvelė [interaktyvus] heat-plus.lt. [žiūrėta: 2015-05-16]. Šaltinis: <http://heat-plus.lt/juostinio-tipo-sildymo-plevele/>;
21. Arduino Uno R3 [interaktyvus] anodas.lt [žiūrėta: 2016-04-16]. Šaltinis: <http://anodas.lt/Arduino-Uno-R3>;
22. Appinventor kūrimo įrankis [interaktyvus] appinventor.mit.edu [žiūrėta: 2016-04-24]. Šaltinis: <http://appinventor.mit.edu/explore/about-us.html>;
23. LIGHTBOND PLUS aliuminio kompozitinės plokštės [interaktyvus] heliopolis.lt [žiūrėta: 2016-04-25]. Šaltinis: <http://heliopolis.lt/products/reklamines-akp-plokstes/>;
24. Suaugusiųjų gyventojų antropometriniai duomenys [interaktyvus] apklausa.lt [žiūrėta: 2016-04-18]. Šaltinis: [http://apklausa.lt/f/suaugusiųjų-gyventojų-antropometriniai-duomenys-hqem99p/answers.html?utf8=%E2%9C%93&dur\\_min=0&dur\\_max=3181](http://apklausa.lt/f/suaugusiųjų-gyventojų-antropometriniai-duomenys-hqem99p/answers.html?utf8=%E2%9C%93&dur_min=0&dur_max=3181);
25. EXCEL juostinio tipo plėvelė [interaktyvus] felixkorea.com [žiūrėta: 2015-05-19]. Šaltinis: [http://www.felixkorea.com/english/data/FELIXKOREA\\_TOTAL\\_CATALOG\\_ENGLISH.pdf?ckattempt=1](http://www.felixkorea.com/english/data/FELIXKOREA_TOTAL_CATALOG_ENGLISH.pdf?ckattempt=1);
26. Termovizorius Fluke Ti110-0209 [interaktyvus] sauguspasaulis.lt [žiūrėta: 2015-05-21]. Šaltinis: <http://www.sauguspasaulis.lt/termovizorius-fluke-tir125>;
27. Bluetooth modulis HC-06 [interaktyvus] nisangrobotic.com [žiūrėta: 2015-05-21]. Šaltinis: [http://www.nisangrobotics.com/index.php?route=product/product&product\\_id=99](http://www.nisangrobotics.com/index.php?route=product/product&product_id=99);
28. Pulso daviklis [interaktyvus] pulsesensor.com [žiūrėta: 2015-05-21]. Šaltinis: <http://pulsesensor.com/>;
29. MLX90614 IR spindulių temperatūros daviklis [interaktyvus] ucronics.com [žiūrėta: 2015-05-21]. Šaltinis: <http://www.ucronics.com/mlx90614-contactless-ir-infrared-temperature-sensor-module-ic-for-arduino.html?feedback=1>;
30. Bendras kraujo tyrimas [interaktyvus] synlab.lt [žiūrėta: 2015-05-24]. Šaltinis: <http://www.synlab.lt/tyrimai/bendraklinikinius/bendras-kraujo-tyrimas/>;