



Vesa Rasi

# Raspberry PI Picon käyttömahdollisuudet Hyvinvointi- ja terveysteknologian opetuksessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tieto- ja viestintäteknikka

Insinöörityö

22.5.2023

## Tiivistelmä

Tekijä:	Vesa Rasi
Otsikko:	Raspberry Pi Picon käyttömahdollisuudet Hyvinvointi- ja terveysteknologian opetuksessa
Sivumäärä:	40 sivua + 1 liite
Aika:	22.5.2023
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Tieto- ja viestintätekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine:	Hyvinvointi- ja terveysteknologia
Ohjaajat:	Lehtori Sakari Lukkarinen

---

Tieto- ja viestintätekniikan koulutusohjelmassa otettiin käyttöön uusi opetussuunnitelma syksyllä 2022. Hyvinvointi- ja terveysteknologian olemassa olevia moduuleja on uudistettu ja niissä on otettu käyttöön uusia menetelmiä opettamiseen. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia ja selvittää valittujen materiaalien soveltuvuutta hyvinvointi- ja terveysteknologian fysiologisten mittausten teknologioiden opetukseen ja teemaprojektiin.

Tavoitteiden selventämiseksi opinnäytetyötä varten haastateltiin eritaustaisia opettajia, jotka ovat tai ovat olleet vaikuttamassa hyvinvointi- ja terveysteknologian opetukseen Metropoliasassa. Haastattelumenetelmäksi valittiin teemahaastattelu. Haastattelussa tutustuttiin hyvinvointi ja terveysteknologian opetuksen historiaan Metropoliasassa ja selvitettiin opinnäytetyön tavoitteita.

Haastattelujen pohjalta opinnäytetyöllä käydään läpi hyvinvointi- ja terveysteknologian opetuksen historiaa alusta alkaen ja käydään opetuksessa tapahtuneita muutoksia läpi tähän päivään asti. Opinnäytetyössä tullaan keskittymään fysiologisten mittausten teknologia -opetuskokonaisuuteen ja mittaustiedon käsittely ja visualisointi -projektiin. Työssä esitellään projektin toteutuksessa käytettävää Raspberry Pi Pico -mikrokontrollerikorttia ja siihen liitettävissä olevia lisävarusteita. Opinnäytetyössä esitellään, minkälaisia mittauksia näillä kyetään tekemään ja kyetäänkö näistä mahdollisesti saamaan mittaustietoa analysoitavaksi.

Lopputuloksista näkee, että kaikki välineistöltä vaaditut asiat kurssiprojektiin toteutukselle pystyttiin todentamaan. Työn edetessä lopulliset tavoitteet muuttuivat usein. Alussa oli tarkoitus toteuttaa samanlainen projekti, jonka kurssin tulevat opiskelijat tulevat tekemään. Lisäksi yksi ajatus oli materiaalin tuottamisesta kurssille, mutta tästä luovuttiin jo aikaisessa vaiheessa. Haasteina olivat oman osaamisen taso ja ajan puute projektin aikana. Hyvässä projektitoteutuksessa nämä tulee ottaa huomioon toteutusta suunnitellessa.

Avainsanat:	Raspberry Pi Pico, Hyvinvointi- ja terveysteknologia, Fysiologiset mittaukset, opetussuunnitelman toteutus
-------------	--

---

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

## Abstract

Author: Vesa Rasi  
Title: Possibilities of Using Raspberry Pi Pico in Teaching Health Technology  
Number of Pages: 40 pages + 1 appendi  
Date: 22 May 2023

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Information and Communication Technology  
Professional Major: Health Technology  
Supervisors: Sakari Lukkarinen, Senior Lecturer

---

A new curriculum was introduced in the information and communication technology education program in the fall of 2022. In Health Technology the existing modules have been renewed and new teaching methods have been introduced within. The aim of the study was to investigate and find out the suitability of the selected materials for the teaching and theme project of Physiological Measurement Technology.

In order to clarify the goals, teachers from different backgrounds who are or have been influencing the teaching health technology in Metropolia were interviewed. Semi-structured interview was chosen as the interview method. In the interviews, the history of the teaching of health technology in Metropolia was introduced and the goals of the study were clarified.

Based on the interviews, the thesis goes through the history of the teaching of health technology from the beginning and goes through the changes that have taken place in the teaching until today. In the thesis, the focus is on the physiological measurement technology curriculum and in the measurement data processing and visualization project. The thesis presents the Raspberry Pi Pico microcontroller board used in the implementation of the project and the accessories that can be connected to it. The thesis presents what kind of measurements can be made with these and whether it is possible to get measurement data from them for analysis.

It can be seen from the final results that all the things required from the equipment for the implementation of the course project could be verified.

Keywords: Raspberry Pi Pico, Health Technology, Physiological Measurement, curriculum implementation

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Hyvinvointi- ja terveysteknologian opetus	3
2.1	Opetuksen alkaminen Metropoliasassa	4
2.2	2014 Opintosuunnitelman muutos	6
2.3	Uusi opetussuunnitelma 2022	8
3	Mittaustiedon käsittely ja visualisointi	10
4	Aineisto ja menetelmät	14
4.1	Haastattelut	14
4.2	Projekti	14
4.3	Tarvikkeet	15
4.3.1	Grove Base Shield for Pi Pico	15
4.3.2	Grove PIR Motion Sensor	16
4.3.3	Grove Temperature&Humidity Sensor	17
4.3.4	Grove Encoder	18
4.3.6	Grove 16x2 LCD (Black on Yellow)	20
4.3.7	M5Stack Unit OLED	21
4.3.8	Pulse Sensor	22
4.3.9	MIKROE Heart 4 click	23
4.3.10	MIKROE ECG/GSR Click	24
4.4	Ohjelmointi	25
4.5	Validointi	26
5	Tulokset	26
5.1	Haastattelut	27
5.2	Projekti	28
5.3	Lämpömittarin rakentaminen	28
5.4	Validointi	31
6	Jatkokehitys	33
6.1	Raspberry Pi Picon kehittyminen	33

6.2	Movesense	33
7	Yhteenveto	35
	Lähteet	37
	Liitteet	
	Liite 1: Lämpömittariprototyypin koodit	

## Lyhenteet

- EKG: *Elektrokardiogrammi*. EKG eli sydänfilmi kuvaa sydämen toimintaa mittaamalla sen aiheuttamaa sähköimpulssia.
- PIR sensor: *Passive infrared sensor*. Passiivinen infrapuna-anturi, joka havaitsee liikettä ja muita muutoksia anturin lähettämän infrapunasätelyn tavoittamalla alueelta.
- LCD: *Liquid Crystal Display*. Nestekidenäyttö, jossa kahden lasilevyn välissä olevan nestemäisen kiteen läpäisevyyttä voidaan ohjata sähköisesti.
- OLED: *Organic Light Emitting Diode*. Ohut, kevyt ja joustava näyttötekniikka, jossa jokainen pikseli tuottaa itse valon, ja se soveltuu erityisesti korkealaatuisten ja -resoluutioisten sovellusnäyttöihin.
- I2C: *Inter-integrated circuit*. Liitäntämenetelmä, joka mahdollistaa ohjainlaitteiden kommunikoinnin usean oheislaitteen kanssa tai yhden oheislaitteen kommunikoinnin usean ohjainlaitteen kanssa.

# 1 Johdanto

Työn tavoitteena on tutkia Raspberry Pi Pico -mikrokontrollerikortin soveltuvuutta Metropolia Ammattikorkeakoulun terveysteknologian toisen vuosikurssin opiskelijoille opintosuunnitelman mukaisen projektikurssin toteuttamista varten hyödyntämällä mikrokontrolleriin saatavilla olevia erilaisia fysiologisia mittaustunteita. Työn tilaajana toimii Metropolia Ammattikorkeakoulu.

Tieto- ja viestintätekniiikan tutkinto-ohjelma uudistui syksyllä 2022 ja tätä varten on selvitty ja toteutettu uusia opetusmenetelmiä opetuksen toteuttamiseksi. Tässä uudistuksessa Hyvinvointi- ja terveysteknologian ala on ollut vahvasti mukana, ja tätä varten on tutkittu uusia teknologisia menetelmiä opetuksen toteutuksessa eri vaiheessa tutkinnon suorittamista. Vanhoja opetusmenetelmiä haluttiin korvata ja uudet menetelmät on tuotu mukaan myös laajemmalla skaalalla mukaan opetukseen.

Tämän insinööriyön tarkoituksena on selvittää Raspberry Pi Pico -mikrokontrollerikortin tarjoamia mahdollisuuksia toteuttaa opetusta ja projekteja toisen vuoden opiskelijoille. Myös erillisillä insinööritöillä on tutkittu saman mikrokontrollerikortin mahdollisuuksia ensimmäisen vuoden opetuksessa. [1; 2.]

Raspberry Pi Pico -mikrokontrollerikortin soveltuvuutta selvitetään tutustumalla yleisesti kortin tarjoamiin ominaisuuksiin, mitä kaikkea sillä pystyy tekemään ja minkälaista teknologiaa kehityksessä käytetään. Samalla tutustutaan erilaisiin terveysteknologiaan soveltuviin komponentteihin ja antureihin, joita markkinoilla on tarjolla tällaista projektia varten. Materiaalia haetaan tutkimalla Raspberry Foundationin tarjoamia materiaaleja, kuten kurseja, projekteja ja tutkimuksia, harrastajien julkaisemia materiaaleja sekä tutustumalla jo projektia varten tehtyihin tutkimuksiin ja materiaaleihin.

Opetukseen liittyen haastatellaan Hyvinvointi- ja terveysteknologia kurseista vastaavia lehtoreita. Projektin alussa heidän kanssaan käydään vanhoja käytöstä poistuvia opetusmenetelmiä ja selvitetään tämän projektin tavoitteet, jolla

tulevan opetussuunnitelman mukainen opetus hyvinvointi- ja terveysteknologian kursseilla voidaan toteuttaa.

Työn lopputuloksena todennetaan tutkittavien komponenttien soveltuvuus hyvinvointi ja terveysteknologian toisen vuoden opiskelijoille opetuksen ja kurssi-projektin toteutukseen.



## 2 Hyvinvointi- ja terveysteknologian opetus

Terveysteknologia on noussut Suomen suurimmaksi huipputekniikan ventialaksi. Ala on vahvassa nosteessa ja tarvitsee sekä uutta tietoa että uusia osaajia. Metropolia Ammattikorkeakoulun tieto- ja viestintätekniikan opinto-ohjelman hyvinvointi- ja terveysteknologian pääaine on luotu kouluttamaan tätä varten osaajia. [3; 4.]

Hyvinvointi- ja terveysteknologiaan erikoistuneen insinöörin on ensiarvoisen tärkeää teknologian lisäksi ymmärtää inhimillisten tekijöiden, sovellusympäristöjen ominaispiirteiden ja teknologian kehittämistä ohjaavan lainsäädännön merkitys. Hyvinvointi- ja terveysteknologiaan erikoistuneet usein työllistyvät tehtäviin, joissa näiden asioiden laaja-alainen hallitseminen on tärkeää. Pääaineessa opitaan tietoja ja käytännön taitoja, joita tarvitaan alalla työskennellessä. Hyvinvointi- ja terveysteknologian pääaineen opinnoissa tehdään läheistä yhteistyötä alan yritysten ja muiden toimijoiden kanssa. [3.]

Valmistuneiden työtehtävät ovat liittyneet mm. tuote- ja sovelluskehitykseen, lääkinnällisten laitteiden vaativiin huoltotehtäviin, laadun varmistukseen, testaukseen, projektin johtoon ja muihin asiantuntijatehtäviin. Hyvinvointi- ja terveysteknologiaan erikoistuneita insinöörejä työskentelee erityisesti laitteita, ohjelmistoja ja palveluita kehittävässä yrityksissä, vientiä ja maahantuontia harjoittavissa yrityksissä sekä terveysteollisuutta tarjoavissa tahoissa. [3.]

Vuonna 2017 Metropolia-ammattikorkeakoulussa aloitettiin myös Terveysteknologian maisterikoulutus informaatioteknologian, ylempi AMK opintopolkuna. Opintopolku keskittyy lääkinnällisiin laitteisiin mukaan lukien ohjelmistot, niiden kliinisen käytön kontekstiin sekä laitteita ja niiden liiketoimintaa ohjaavaan sääntelyyn. Opintopolun kurssit antavat ajantasaiset tiedot ja taidot työskentelyyn lääkinnällisten laitteiden parissa. [4; 5.]

Tätä lukua varten haastattelin henkilöitä, jotka ovat olleet hyvinvointi- ja terveysteknologian opetuksessa ja opetuksen kehittämistyössä mukana erilaisissa rooleissa eri aikoihin. Käyn nyt läpi näiden haastattelujen ja muiden lähteiden

kautta terveysteknologian opetuksen historian suurimpia käännekohtia Metropolia Ammattikorkeakoulussa.

## 2.1 Opetuksen alkaminen Metropolia

Hyvinvointiteknologian opetus aloitettiin Metropolia Ammattikorkeakoulussa syksyllä 2008 samaan aikaan, kun ammattikorkeakoulu aloitti toimintansa nyky muodossaan Helsingin ammattikorkeakoulu Stadian ja EVTEK-ammattikorkeakoulun yhdistymisen jälkeen. [6.]

Terveysteknologian opetusta oli tässä vaiheessa ollut erilaisia koulutuksia niin Amerikassa kuin muuallakin. Myös edellä mainituissa ammattikorkeakouluissa oli ollut vuosien mittaan erilaisia terveysteknologiaan viittaavia projekteja. Nämä tekijät vaikuttivat siihen, että päätettiin kehittää Metropolia Ammattikorkeakouluun omaa monialaista ohjelmaa, joka sisältäisi koulutusalat ylittäen oppeja sekä tekniikan että sosiaali- ja terveysalalta. Opetuksen tavoitteena oli tekniikan alan tutkinto, jossa opetus sisältäisi sekä tietotekniikkaa että soveltavasti anatomiaa ja fysiologiaa. Tämä päätettiin aloittaa omana koulutusohjelmanaan. Koulutus oli 240 opintopistettä sisältävä, neljän vuoden mittainen tekniikan alan insinööritutkinto. Koulutuksen tavoitteena oli asiakaslähtöinen hyvinvointia tukevien laitteiden, palvelujen ja innovaatioiden suunnittelu ja toteutus verkostomaisessa, monialaisessa yhteistyössä. Tietoteknisen osaamisen lisäksi opetettiin käyttämään hyödyksi asiantuntemusta sosiaali- ja terveydenhuollon toimintaympäristöstä sekä ihmisen ja teknologian välisestä vuorovaikutuksesta. Opintoissa perehdyttiin tietoteknisten opintojen lisäksi myös ihmisen anatomiaan ja fysiologiaan sekä biomekaniikkaan ja biofysiikkaan. [7; 8.]

Hyvinvointiteknologian koulutusohjelman opetussuunnitelma jakautui perusopintoihin, ammattiopintoihin, harjoitteluun opinnäytetyöhön sekä vapaasti valittaviin opintoihin. Perusopinnot sisälsivät orientoivat, matematiikan, fysiikan, kieli- ja tuotantotalousopinnot sekä johdantoprojektit. Ammattiopinnot sisälsivät tietotekniikan perusopinnot, sähkötekniikan ja elektroniikan, hyvinvointiteknologian lähökohdat, fyysinen ihminen ja teknologia, hyvinvointiteknologian sovellukset ja

hyvinvointiteknologian verkostot opintokokonaisuudet sekä projektiopinnot. Nämä opintokokonaisuudet sisälsivät useita kolmen opintopisteen kursseja, jotka jakautuivat periodeittain pitkin neljän vuoden opintoja. Harjoittelu jakautui kahteen viidentoista opintopisteen jaksoon ja opinnäytetyö yhteen viidentoista opintopisteen jaksoon opintojen loppuun. Vapaasti valittavat opinnot olivat ni-  
mensä mukaisesti opiskelijan vapaasti valittavissa olevia opintokokonaisuuksia, jotka eivät sisältyneet pakollisiin opintoihin. Vaihtoehtoja oli eri kieliopinnoista tekniikan opintoihin, joiden suuruudet jakautuivat kolmesta opintopisteestä vii-  
teen opintopisteeseen. Opetussuunnitelmaa esitellään kuvassa 1. [8.]

Hyvinvointiteknologian koulutusohjelma: Syksy 2011					
Opinnon nimi	Laajuus (op)	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015
<b>Ammattiopinnot</b>	<b>105</b>				
Hyvinvointiteknologian lähtökohdat	15				
Hyvinvointiteknologian käsitteistö	3	■			
Hyvinvointiteknologian kehitysnäkymät	3	■			
Ihminen psyykkisenä, fyysisenä ja sosiaalisena kokonaisuutena	3	■			
Sosiaali- ja terveysalan perusteet	3		■		
Esteettömät ympäristöt	3			■	
Fyysinen ihminen ja teknologia	15				
Fyysisen kunnan mittaus	3	■			
Fysiologia ja biofysiikka 1	3	■			
Fysiologia ja biofysiikka 2	3		■		
Fysiologia ja biofysiikka 3	3			■	
Fyysinen ergonomia	3			■	
Hyvinvointiteknologian sovellukset	15				
Tuotteiden laatu- ja turvallisuusstandardit	3			■	
Geronteknologia	3				■
Tutkimus- ja hoitomenetelmät	3				■
Telelääketiede 1	3				■
Valaistus ja toimintakyky	3				■
Hyvinvointiteknologian verkostot	9				
Sosiaali- ja terveysalan palvelujärjestelmät	3		■		
Hyvinvointiteknologian kansainväliset verkostot	3				■
Teknologiayrittäjyys	3				■
<b>Projektiopinnot</b>	<b>15</b>				
Kognitiivinen ergonomia ja käytettävyys	3				■
Käyttäjälähtöinen tuotekehitystyö	3				■
Hyvinvointiteknologian projekti	9				■

Kuva 1. Terveysteknologian syksyllä 2011 aloittaneiden opetussuunnitelman ammatillisia opintoja. [8]

Vanhassa tekniikan ja liikenteen alan opintosuunnitelma mallissa kolmen pisteen kokonaisuudet olivat joko yhden tai kahden periodin mittaisia toteutuksia jakautuen hyvin sekavasti, mikä vaikeutti opiskelijoiden keskittymistä opintojen kokonaiskuvaan. Näitä kolmen pisteen kokonaisuuksia oli noin kymmenen kappaletta per lukukausi. Opiskelijan kalenteri oli erilaista kahden tunnin opetusten silppua maanantaista perjantaihin, näiden kurssien tenttien ja harjoitusten määräpäivät olivat samoihin aikoihin peräkkäisinä päivinä, jopa useampi saman päivän aikana. Opettajien välillä viestintä oli heikkoa ja varsinkin, kun perusopinnoissa opettajat opettivat useita eritaustaisia opintoja, ei opetustavoissa ollut eroja, millä taustalla opiskelijat ovat. [7.]

Olen itse opiskellut ja valmistunut vanhan tekniikan ja liikenteen alan opintosuunnitelman mukaisesti Mediatekniikan koulutusohjelmasta ja pystyn allekirjoittamaan vanhan opetussuunnitelman ongelmat. Useasti kurssiprojektien palautuspäivät olivat peräkkäisinä päivinä, ja sama toistui myös kurssien tenttien kohdalla. Mikäli kurseja jäi rästiin, niitä oli hankalaa uusia, koska uusi lukuvuosi tuo mukanaan uudet kurssit. Vanhoja kurseja on vaikea sopeuttaa lukujärjestykseen, kun samaan aikaan pitäisi uusia vanhoja kurseja ja mennä samaan aikaan jatkuvasti eteenpäin.

Tämän opintosuunnitelman mukaisen toteutuksen viimeinen sisäänotto oli syksyllä 2013, jonka jälkeen alkoi uusi opintosuunnitelma.

## 2.2 2014 Opintosuunnitelman muutos

Vuonna 2014 Hyvinvointiteknologia omana koulutusohjelmansa lopetettiin, se liitettiin osaksi Tieto- ja viestintätekniikan tutkinto-ohjelmaa ja muuttui omaksi ammattilliseksi pääaiheekseen. Tässä muutoksessa useampi omana koulutusohjelmanaan ollut ohjelma yhdistyi yhdeksi koulutukseksi, jossa ensimmäinen vuosi on orientaatiovuosi ja toisesta lukuvuodesta aloitetaan pääaineopinnot. Opintojen loppuun sijoittuvat Innovaatio-opinnot, valinnaiset ja vapaasti valittavat opinnot, harjoittelut sekä opinnäytetyö.

Aikaisemmassa tekniikan alan opetussuunnitelmassa kurssit jakautuivat kolmen opintopisteen kursseihin, jotka saattoivat jakautua myös kahdelle periodille. Kursseja oli periodin aikana jopa kuudesta kahdeksaan erilaista pienempää kokonaisuutta, ja näistä oli omat kahden tai neljän tunnin luentonsa viikoittain. Uudessa opetussuunnitelmassa siirryttiin malliin, jossa kurssit jakautuvat periodeittain ja hyvinvointi- ja terveysteknologian opetuksessa kaksi periodia muodostaa oman teeman mukaisen opetuskokonaisuuden.

Hyvinvointi- ja terveysteknologian opintopolku. Aloituslukukausi: Syksy 2015				
Opinnon nimi	Laajuus (op)	Syksy 2016	Kevät 2017	Syksy 2017
Suuntaavat ammattiopinnot	30			
Hyvinvointi- ja terveysteknologian perusteet	30			
Fysiologisten mittausten teknologia I	15			
Älykkäät ympäristöt ja sovellukset	5	■		
Soveltava anatomia ja fysiologia	5	■		
Biomekaniikka ja liikkeen mittaaminen	5	■		
Fysiologisten mittausten teknologia II	15			
Fysiologiset mittaukset ja anturit	5	■		
Mittaustiedon kerääminen ja käsittely	5	■		
Hyvinvointi- ja terveysteknologian projekti 1	5	■		
Syventävät ammattiopinnot	60			
Hyvinvointi- ja terveysteknologia	60			
Asiakaslähtöiset ohjelmistovellukset I	15			
eHealth liiketoiminta ja ratkaisut	5		■	
eHealth-palveluiden asiakkaat ja käyttäjät	5		■	
Web-sovelluskehitys 1	5		■	
Asiakaslähtöiset ohjelmistovellukset II	15			
Web-sovelluskehitys 2	5		■	
Käyttäjälähtöinen kehittäminen ja käyttäjätutkimus	5		■	
Hyvinvointi- ja terveysteknologian projekti 2	5		■	
Terveysteknologian laitteet ja ratkaisut I	15			
Digitaaliset omahoidon sovellukset ja mahdollisuudet	5			■
Potilasvalvonnan menetelmät ja laitteet	5			■
Lääketieteellinen kuvantaminen	5			■
Terveysteknologian laitteet ja ratkaisut II	15			
Telehealth ja telelääketieteen sovellukset	5			■
Hyvinvointi, terveys ja robotiikka	5			■
Hyvinvointi- ja terveysteknologian projekti 3	5			■

Kuva 2. Syksyllä 2015 aloittaneiden hyvinvointi ja terveysteknologian opiskelijoiden opetussuunnitelma. Suuntaavat ja syventävät ammattiopinnot. [9]

2014 aloitetussa opetussuunnitelmassa nämä kolme opetusteemaa olivat fysiologisten mittausten teknologia, asiakaslähtöiset ohjelmistosovellukset ja terveysteknologian laitteet ja ratkaisut. Yksi periodi sisältää kolme eri viiden opintopisteen kurssia, ja kahdesta periodista jälkimmäisellä tehdään myös opetettuun aihealueeseen mukainen projekti. Tämä malli opetussuunnitelmassa on esitetty kuvassa 2. Tässä ajatuksena on, että projektiin tiivistetään puolen vuoden aikana opitut asiat soveltamalla yhdeksi kokonaistuotokseksi. [7; 10.]

Opetussuunnitelman laatimisessa pääkysymyksenä oli mitä tarvitsee opettaa, jotta Metropoliasissa pystytään kouluttamaan työelämään hyvinvointi- ja terveysteknologian osaajia. Tätä varten haastateltiin alan yrityksiä, jotta oleellimmat asiat saadaan selville ja näistä kaikista muodostettiin sopiva kokonaisuus, huomioon ottaen, että terveysteknologia on hyvin laaja-alainen. Opetus ei tietenkään voi keskittyä vain yhden yrityksen tarpeisiin, koska terveysteknologiaa löytyy niin monelta osa-alueelta, kuten sairaaloissa käytettävät laitteet, ohjelmistot ja kuluttajien käyttämät terveyden seurantaan suunnatut laitteet. Pääpainona opetuksen suunnittelussa on kuitenkin ollut, että näissä keskitytään hyvinvointi- ja terveysteknologiaan suuntautuviin kokonaisuuksiin. [10.]

### 2.3 Uusi opetussuunnitelma 2022

Lukuvuonna 2022 alkaneeseen opintosuunnitelmaan tehdyt muutokset eivät ole sinällään niin suuria kuin mitä vuonna 2014 tehtiin. Suurimmat muutokset keskittyvät ensimmäisen opintovuoden toteutukseen, jossa on siirrytty kahteen kolmenkymmenen opintopisteen kokonaisuuteen, jotka ovat ohjelmisto ja laitteet. [10; 11.]

Opintosuunnitelman muutosta varten tehtiin samanlaista kartoittamista yrityksiltä kuin ennen vuotta 2014. Myös opiskelijoita haastateltiin ja heidän mielipiteitään uudistus tarpeista tutkittiin. [10.]

Hyvinvointi- ja terveysteknologian opetuksen osalta muutokset eivät ole päältä päin katseltuna erityisen suuria. Rakenteellinen malli vuonna 2014 alkaneeseen

opintosuunnitelmaan verrattuna on hyvin samanlainen. Yksi periodi sisältää kurseja viidentoista opintopisteen verran ja ohjelmassa on edelleen kolme kahden periodin mittaista teemakokonaisuutta. Kurssien nimistöä ja jonkin verran sisältöä on päivitetty. Joitakin kurseja on yhdistetty suuremmiksi kymmenen opintopisteen kokonaisuuksiksi, niin kuin esimerkiksi projektikursseille on tehty, jolloin on lisätty projektikurssien painoarvoa. [10.]

Tämän opinnäytetyön kannalta isoin muutos on ollut Python-ohjelmointikielen opetuksen lisääminen. Siinä missä aikaisemmassa opintosuunnitelmassa ensimmäisen vuoden opinnoissa on opetettu neljässä oppikokonaisuudessa neljässä oppimisympäristössä neljää eri ohjelmointikieltä on nyt siirrytty opettamaan yhtä kieltä eli Pythonia sekä ohjelmisto- että laitteistokokonaisuuksissa. Tässä on pyritty siihen, että opetellaan syvällisemmin yksi ohjelmointikieli ja opintojen aikana voidaan tarvittaessa oppia lisää kieliä. [10; 11.]

### 3 Mittaustiedon käsittely ja visualisointi

Mittaustiedon käsittely ja visualisointi -projekti on uuden opintosuunnitelman mukainen hyvinvointi- ja terveysteknologian opiskelijoiden toisen opintovuoden projektiurssi. Sen toteutus on syksyllä pääaineessa aloittavilla kolmannen lukukauden toisella periodilla ja keväällä aloittaneilla neljännen lukukauden toisella periodilla. Toteutettava on projekti, jossa opiskelijat ryhmissä suunnittelevat ja toteuttavat soveltaen Fysiologiset mittaukset ja anturit -kurssin ja muiden opintokokonaisuudessa aiemmin opittujen tietojen ja taitojen pohjalta fysiologista mittaustietoa hyödyntävän prototyypin.

Syksy 2021		Syksy 2022	
Hyvinvointi- ja terveysteknologian perusteet		Hyvinvointi- ja terveysteknologian perusteet	
<b>Fysiologisten mittausten teknologia I</b>		<b>Fysiologisten mittausten teknologia</b>	
Älykkäät ympäristöt ja sovellukset	5	Langattomat sovellukset	5
Soveltava anatomia ja fysiologia	5	Soveltava anatomia ja fysiologia	5
Biomekaniikka ja liikkeen mittaaminen	5	Biomekaniikka ja liikkeen mittaaminen	5
<b>Fysiologisten mittausten teknologia II</b>		Fysiologiset mittaukset ja anturit	
Fysiologiset mittaukset ja anturit	5	Projekti: Mittaustiedon käsittely ja visualisointi	10
Mittaustiedon kerääminen ja käsittely	5		
Hyvinvointi- ja terveysteknologian projekti 1	5		

Kuva 3. Fysiologisten mittausten opetussuunnitelman muutos opintonsa vuonna 2021 ja 2022 aloittaneiden välillä. [9; 12.]

Kuvassa 3 esitellään fysiologisten mittausten teknologia kurssien opetussuunnitelmien eroavaisuudet syksyllä 2021 ja syksyllä 2022 aloittaneiden opiskelijoiden välillä. Pääaineen ensimmäisen syksyn moduuli, hyvinvointi- ja terveysteknologian perusteet, muodostuu kahdesta periodista, jotka sisältävät viidentoista opintopisteen verran opetusta. Uudessa opetussuunnitelmassa Fysiologisten mittausten teknologia -kokonaisuuteen ei tehty muihin kokonaisuuksiin verraten isoja muutoksia. Ainoa näkyvä muutos kurssirakenteessa on mittaustiedon kerääminen ja käsittely- ja hyvinvointi- ja terveysteknologian projekti 1-kurssien yhdistäminen yhdeksi kymmenen opintopisteen projektiurssiksi. Uusi opintosuunnitelma noudattaa edelleen 15 + 15 op:n periodijakoa.

Vanhan opetussuunnitelman aikana fysiologisten mittausten opetukseen käytettiin NI:n kehittämää graafiseen ohjelmointiin suunniteltua LabVIEW-ohjelmistoa



ja siihen liitettävissä olevia fysiologisia mittareita. Opiskelijat opettelivat ohjelmiston käyttöä ja tekivät mittauksia antureiden avulla. Lopuksi näiden tarjottujen työkalujen avulla luotiin oma fysiologisiin mittauksiin keskittyvä prototyyppi. [10; 11.]

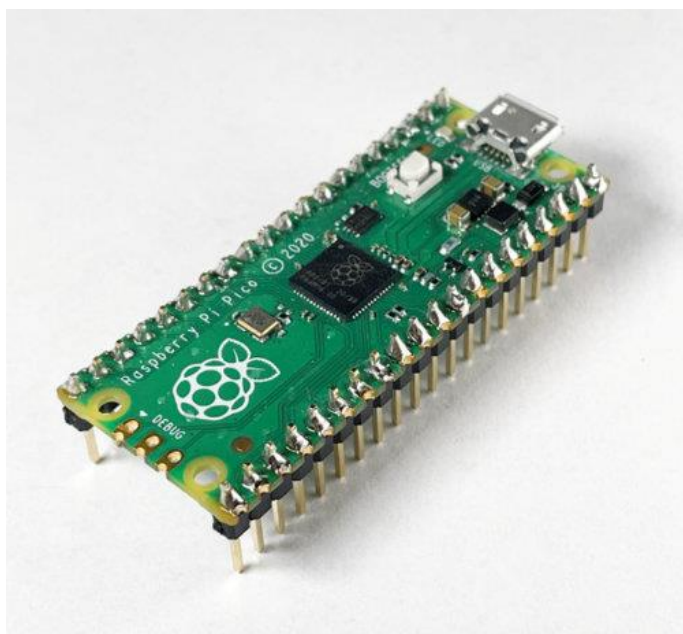
Uuden opintosuunnitelman mukana opettamisen toteutukseen haluttiin tuoda myös uusia menetelmiä mittaustiedon käsittelyyn ja visualisointiin projektin toteuttamiseen. Projektin lopputuleman tavoite on edelleen sama: kehittää prototyyppi, jolla kyetään suorittamaan jonkinlainen fysiologinen mittaus, saamaan tästä dataa ja analysoimaan mittauksista saatuja tuloksia. Python-ohjelmointikielen opetuksen korostuminen on ollut laitevalinnassa suuressa roolissa. Koska Python-ohjelmointia opetetaan ensimmäisestä vuodesta lähtien, saadaan käytön jatkamisella opiskelijoille paremmat lähtökohdat prototyyppien toteuttamiselle, kun perusteet on opetettu ja päästään perehtymään syvemmälle analyysiin. Tätä varten valittiin käytettäväksi Raspberry Pi Pico -mikrokontrolleri ja siihen lisänä liitettäväksi saatavia fysiologisten mittausten antureita. Näihin tutustumme tulevilla kappaleilla enemmän. Laitteistoa käytetään myös ensimmäisen opintovuoden laitteistot kokonaisuuden opetuksessa. [11.]

Raspberry Pi Pico on Raspberry Pi Ltd:n kehittämä mikrokontrolleri, joka on mahdollista ohjelmoida suorittamaan erilaisia toimintoja hyödyntäen kortin omia toimintoja liittämällä siihen erilaisia komponentteja tai useampia mikrokontrollereita. Se on suunniteltu mahdollistamaan teknisten prototyyppien kehittämisen aloittamisen kaikille aina aloittelevasta harrastelijasta edistyneempään rakentelijaan. Se on osa Raspberry Pi -tuoteperhettä. [13.]

Raspberry Pi Ltd on Raspberry Pi Foundation -hyväntekeväisyysjärjestön omistama yhtiö. Järjestö ja yhtiö toimivat Yhdistyneessä kuningaskunnassa. Järjestön tavoitteena on mahdollistaa kaikille täyden mahdollisuuden oppia ja innovoida tietokoneiden ja digitaalisten teknologioiden avulla edullisesti. Raspberry Pi -teknologioita käytetään nykyään niin kouluissa, pienemmissä ja suuremmissa yrityksissä sekä harrastustoiminnassa. Tuoteperheeseen kuuluvan

Raspberry Pi- ja Raspberry Pi Zero -minitietokoneet, Raspberry Pi Pico -mikrokontrollerit ja erilaiset lisäosat ja moduulit. [15; 16.]

Raspberry Pi -minitietokoneet toimivat nimensä mukaisesti pienoisversiona tietokoneesta, jolla pystyy tekemään samoja toimintoja kuin arki käytössä olevilla tietokoneilla. Raspberry Pi Pico taas on mikrokontrollerikortti, eli piirilevy, johon on asennettu prosessori, joka on suunniteltu ajamaan siihen ohjelmoituja toimintoja eli mikrokontrolleri. Raspberry Pi Picon käyttämä mikrokontrolleri on Raspberry Pi -säätiön suunnittelema RP2040. Tämä ei toimi tietokoneen tapaisesti vaan kortilla on mahdollista suorittaa vain siihen ohjelmoituja fyysisiä toimintoja. Raspberry Pi Pico -mikrokontrolleri esitellään kuvassa 4. [13; 14.]



Kuva 4. Raspberry Pi Pico -mikrokontrollerikortti

Tekniset tiedot:

- RP2040 -mikrokontrolleri, Raspberry Pi -säätiön suunnittelema
- Mikrokontrollerissa kaksisyttiminen Arm Cortex M0+ -prosessori, keltotaajuus enimmillään 133 MHz
- 264 kB SRAM-muistia, 2 MB flash-muistia
- Pico-moduulin voi juottaa suoraan piirikortille

- USB 1.1 -liitäntä, toimii sekä isäntänä että USB-laitteena
- vähävirtaiset uni- ja horrostilat
- helppo ohjelmointi, Pico näkyy USB-massamuistilaitteena
- 26 kpl GPIO-nastoja
- 2 SPI- ja 2 I2C-kanavaa, 2 x UART, 3 x 12-bit ADC, 16 ohjattavaa PWM-kanavaa
- tarkka kello ja ajastin
- lämpöanturi
- kiihdytetyt liukulukukirjastot
- 8 kpl ohjelmoitavia I/O (PIO) -tilakoneita.

## 4 Aineisto ja menetelmät

Tässä luvussa esittelen käyttämäni tutkimusmateriaalia ja tutkimusmenetelmää. Aineistoa kerättiin henkilöhaastatteluilla ja tutustumalla tarkastelun kohteena olleiden laitteiden ominaisuuksiin dokumentaation läpikäynnillä ja testamalla. Tutkimuksessa käytettiin kvalitatiivisia menetelmiä: ensin haastatteluiden teemoittelulla ja sen jälkeen tarkastelemalla laitteiden soveltuvuutta haluttuun opetuskäyttöön.

### 4.1 Haastattelut

Haastatteluissa lähdin tutkimaan hyvinvointi- ja terveysteknologian historiaa ja perusteita sille, miksi uudistuksessa on päädytty valitsemaan opetukseen mukaan valitut opetusmenetelmät. Kysymyksissä haastateltavia pyydettiin kertomaan heidän omat taustansa huomioiden, miten hyvinvointi- ja terveysteknologian opetus alun perin alkoi, mitä se on sisältänyt ja miten opetussuunnitelmaa on kehitetty vuosien varrella ja mitkä ovat olleet muutosten perusteet.

Raspberry Pi Picon osalta keskityin haastateltavilta keräämään heidän omia näkemyksiänsä, miksi se on valittu mukaan opetukseen ja mitä havaintoja siitä on tehty erilaisten projektien osalta ja mitkä ovat hyödyt, joita toivotaan saavutettavan opetuksessa.

Lopuksi pyysin myös pohtimaan, miten opetusta voidaan vielä jatkossa kehittää. Kaikkien kysymysten kohdalta käytiin mahdollisesti myös erilaista avointa keskustelua ja täydentäviä kysymyksiä aiheeseen liittyen.

### 4.2 Projekti

Projektin tavoitteena on tutkia Raspberry Pi Pico -mikrokontrolleria ja saatavilla olevia lisäkomponentteja. Tämän tarkoituksena on todentaa, että komponenteilla on mahdollista rakentaa mittaustiedon käsittely ja visualisointi -kurssin tavoitteiden mukainen fysiologisia mittauksia suorittavan laitteen prototyyppi.

Tarkoituksena on testata Raspberry Pi Picon kanssa useampaa erilaisia mittauksia mahdollistavia komponentteja ja selvittää, miten näistä saadaan kerättyä mittausdataa hyödynnettäväksi.

### 4.3 Tarvikkeet

Pelkästään Raspberry Pi Picon avulla ei ole suuria mahdollisuuksia tehdä fysiologisia mittauksia, vaan näitä varten tarvitaan erilaisia lisäkomponentteja. Raspberry Pi Picon nuoresta iästä huolimatta sillä on erilaisten avoimella lähdekoodilla laitteita valmistavien tahojen kautta runsaasti erilaisia liitettäviä komponentteja. Näitä ovat esimerkiksi Seeed Studion Grove -ekosysteemin erilaiset liitinprototyyppi komponentit. [17.]

Prototyypin kehittämistä varten olen saanut koululta koekytkentälevyn, johtoja sekä useita komponentteja kokeiltavaksi, joita esittelen tulevissa luvuissa.

#### 4.3.1 Grove Base Shield for Pi Pico

Grove Base Shield toimii koekytkentälevyn kaltaisena linkkinä Raspberry Pi Picon ja Groven komponenttien välillä. Tällä mahdollistetaan prototyyppien rakennus Groven komponenttien avulla ilman hyppyjohtoja ja perinteistä koekytkentälevyä. Grove Base Shield Raspberry Pi Picolle esitellään kuvassa 6. [18.]



Kuva 6. Grove Base Shield for Pi Pico -kytkentälevy.

Raspberry Pi Pico -kortti kiinnitetään Base Shield -kortin päälle. Kytettäessä on huolehdittava, että mikrokortin ja Base Shieldin liittimien merkinnät täsmäävät, jotta nämä toimivat oikein. [18; 19.]

#### 4.3.2 Grove PIR Motion Sensor

Grove PIR Motion Sensor on passiivinen infrapuna-anturi, jota voidaan käyttää havaitsemaan liikettä anturin havaintoalueelta. Teknisesti PIR on valmistettu pyrosähköisestä anturista, joka pystyy havaitsemaan eritasoisia infrapunasäteilyä. [20.]

Jos PIR-anturi havaitsee infrapunaenergian, liiketunnistin laukeaa ja anturi tulostaa SIG-nastassaan KORKEA. Havaintoaluetta ja vastenopeutta voidaan säätää kahdella sen piirilevyllä juotetulla potentiometrillä vastenopeus on 0,3–25 sekuntia ja tunnistusetaisyys maksimissaan kuusi metriä. Grove PIR Motion Sensor esitellään kuvassa 7. [20.]



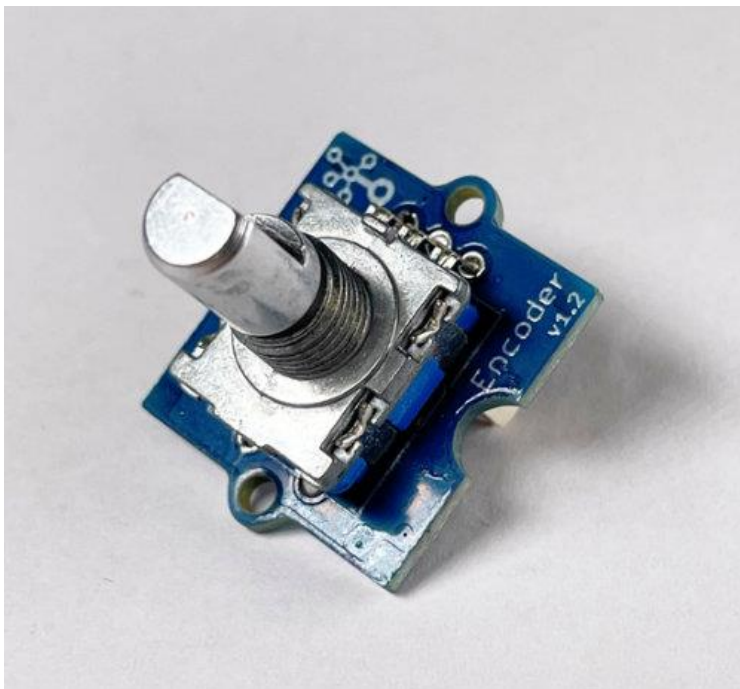
Kuva 7. Grove PIR Motion Sensor

#### 4.3.3 Grove Temperature&Humidity Sensor

Groven Temperature&Humidity Sensor on esikalibroitu digitaalinen lämpötila- ja kosteusanturi. Kapasitiivinen anturi mittaa suhteellista kosteutta ja lämpötilaa negatiivisen lämpötilakertoimen termistorilla. Anturi ei toimi alle nollan asteen lämpötiloissa. Sillä on erinomainen luotettavuus ja pitkäaikainen vakaus. Sensori on esitetty kuvassa 8. [21.]



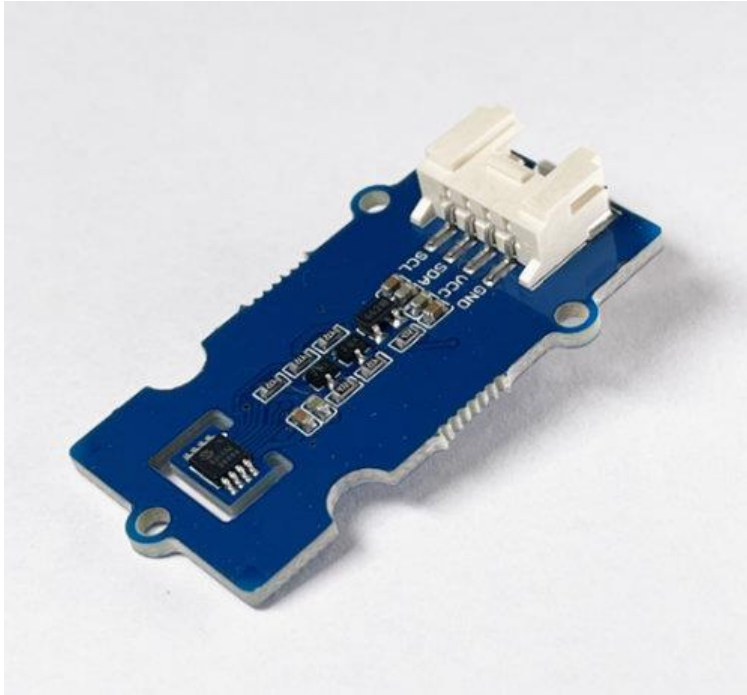




Kuva 9. Grove Encoder

#### 4.3.5 Grove I2C High Accuracy Temperature Sensor

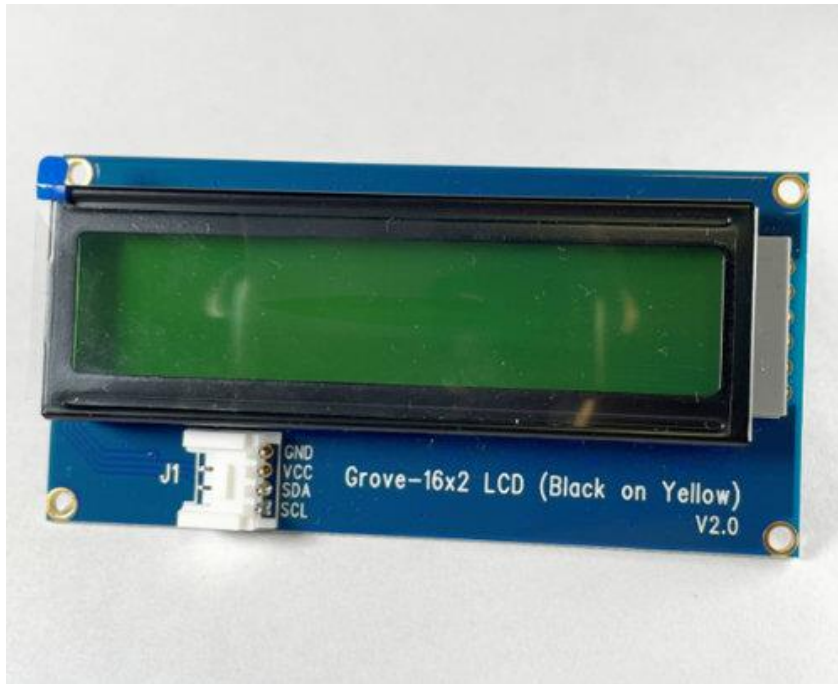
Grove I2C High Accuracy Temperature Sensor on korkean tarkkuuden digitaalinen moduuli, joka perustuu MCP9808-lämpötila-anturiin. Sen avulla on mahdollista tehdä lämpötilamittauksia -40 ja +125 Celsius-asteen välillä. Anturille voi valita mittausresoluution, mikä tarjoaa joustavuutta lämpötilan mittaussovelluksille. Lämpötila-anturi esitellään kuvassa 10. [23.]



Kuva 10. Grove I2C High Accuracy Temperature Sensor

#### 4.3.6 Grove 16x2 LCD (Black on Yellow)

Grove 16x2 LCD-näyttö tulostaa kahdelle riville, kuusitoista merkkiä per rivi, eli yhteensä kolmekymmentäkaksi merkkiä. Näyttöä on saatavilla kolme väri vaihtoehtoa: mustakeltainen, joka on käytössä tätä projektia varten, jossa merkit tulostuvat mustana keltaiselle taustalle. Muut vaihtoehdot ovat mustapunainen sekä valkosininen. Grove LCD -näyttö esitellään kuvassa 11. [24.]



Kuva 11. Grove 16x2 LCD (Black on Yellow) -näyttö

#### 4.3.7 M5Stack Unit OLED

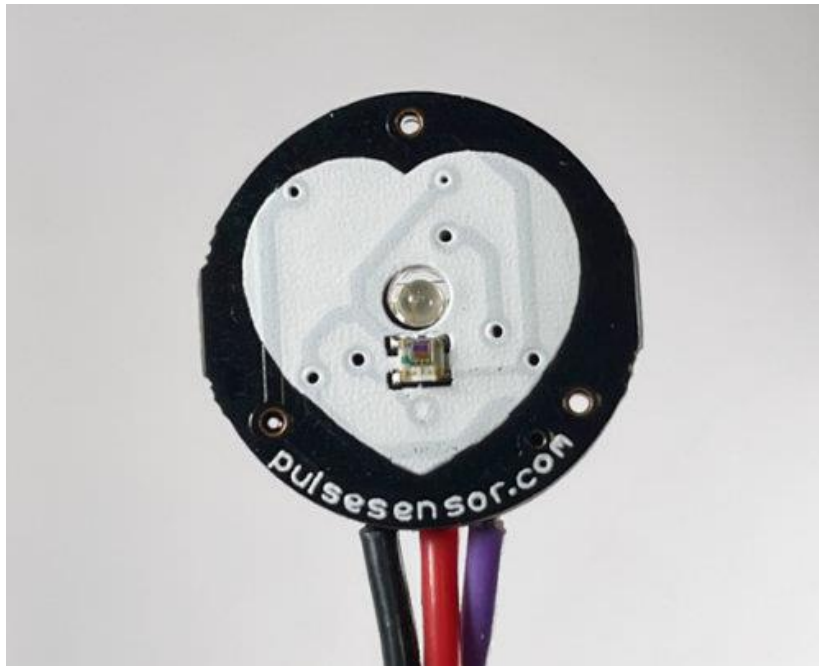
Unit OLED on 1,3 tuuman OLED-laajennusnäyttöyksikkö. Se käyttää SH1107-näyttöajuria, on mustavalkoinen ja sen resoluutio on 128 x 64. Näyttöajuri käyttää I2C-tiedonsiirtorajapintaa, käyttäjä voi asentaa sen käytössä olevan laitteen I2C-väylään, mikä säästää käytössä olevia ohjelmoitavia IO-pinnejä muuhun käyttöön. Näytön takaosaan on integroitu magneetti, joten näyttö voidaan helposti kiinnittää metallipintaan. OLED-näyttö soveltuu upotettavaksi erilaisiin instrumentteihin tai ohjauslaitteisiin, joiden on näytettävä yksinkertaista sisältöä käyttäjälle. Näyttö esitellään kuvassa 12. [25.]



Kuva 12. M5Stack Unit OLED -näyttö

#### 4.3.8 Pulse Sensor

Pulse Sensor on optinen sykemittausanturi. Sitä voidaan käyttää projekteissa reaaliaikaiseen sykkeen mittaukseen. Anturin toiminta on hyvin yksinkertainen: anturi heijastaa mittauskohtaan valoa anturista löytyvästä LED-valaisimesta ja mittaa heijastuneen valon määrän valoanturilla. Tämä tekniikka tunnetaan nimellä fotopletysmogrammi. Jokaisella sydämen lyönnillä hapettunut veri kulkee verisuonien läpi, mikä aiheuttaa muutoksia heijastuneen valon määrässä, mikä muodostaa aaltomaisen signaalin sensorin mittaustuloksissa. Pulse Sensorilla mittauksia voidaan suorittaa sormenpäältä ja korvanlehdestä. Pulse Sensor anturi esitellään kuvassa 13. [26; 27.]



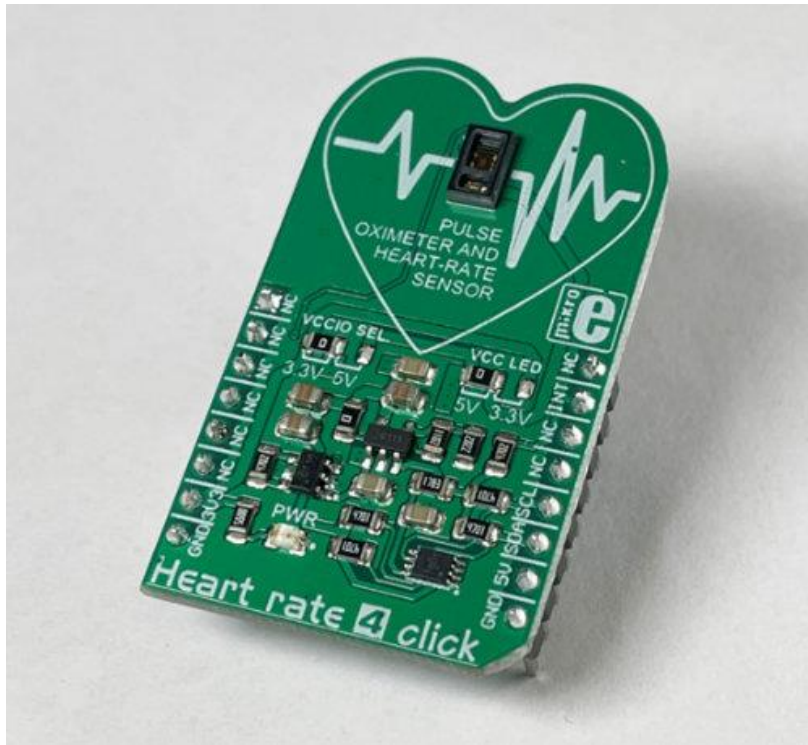
Kuva 13. Pulse Sensor

#### 4.3.9 MIKROE Heart 4 click

MIKROE Heart 4 click on pulssioksimetri ja sykemittausmoduuli. Pulse Sensorin tavoin se toimii myös optisella mittausmenetelmällä. Se käyttää punaista, vihreää ja infrapuna-LED-valoja mittaamaan happisaturaatiota ja sykettä. Laitteessa on myös läheisyystoiminto, joka säästää virtaa ja vähentää näkyvän valon säteilyä, kun sormi ei ole anturin päällä. [28.]

Mitä hyötyjä saadaan käyttämällä useampaa valaistustyyppiä? Koska happikyllästetty veri absorboi enemmän infrapunavaloa ja tyydyttämätön veri enemmän punaista valoa, Happisaturaatiolukemat lasketaan vertaamalla näiden kahden valotyypin määrää. Vihreä valo mittaa sykettä. Paras tulos saadaan mittaamalla sormen päästä. [28.]

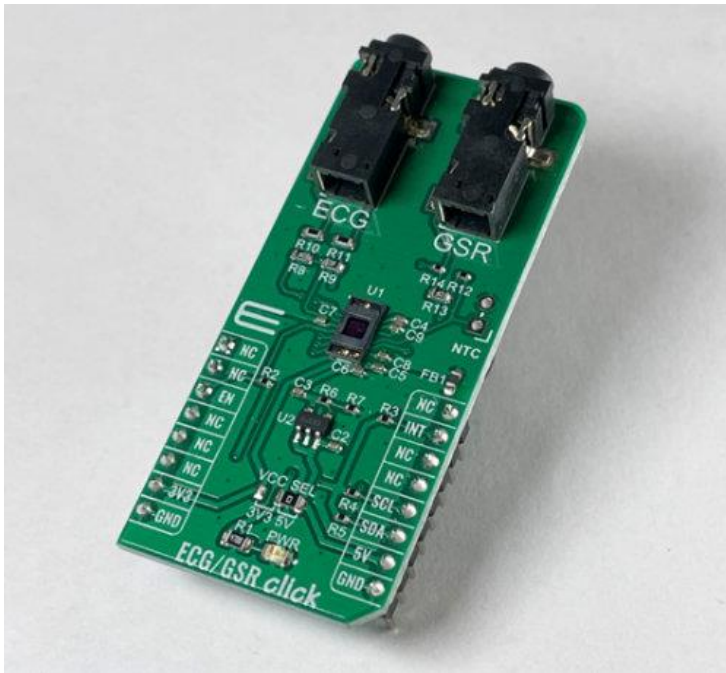
Heart 4 click -sensori esitellään kuvassa 14.



Kuva 14. MIKROE Heart 4 click -sensori

#### 4.3.10 MIKROE ECG/GSR Click

MIKROE ECG/GSR Click on EKG:n eli sydänsähkökäyrän ja GSR:n eli ihon sähköjohtavuuden mahdollistava lisäkortti. Se koostuu kahdesta tulokanavasta, jotka on reititetty kahteen kolmen ja puolen millimetrin audioliittimeen, joka yhdistää EKG-elektrodit kaapelin kautta lisäkorttiin. Kortti esitellään kuvassa 15. [29.]



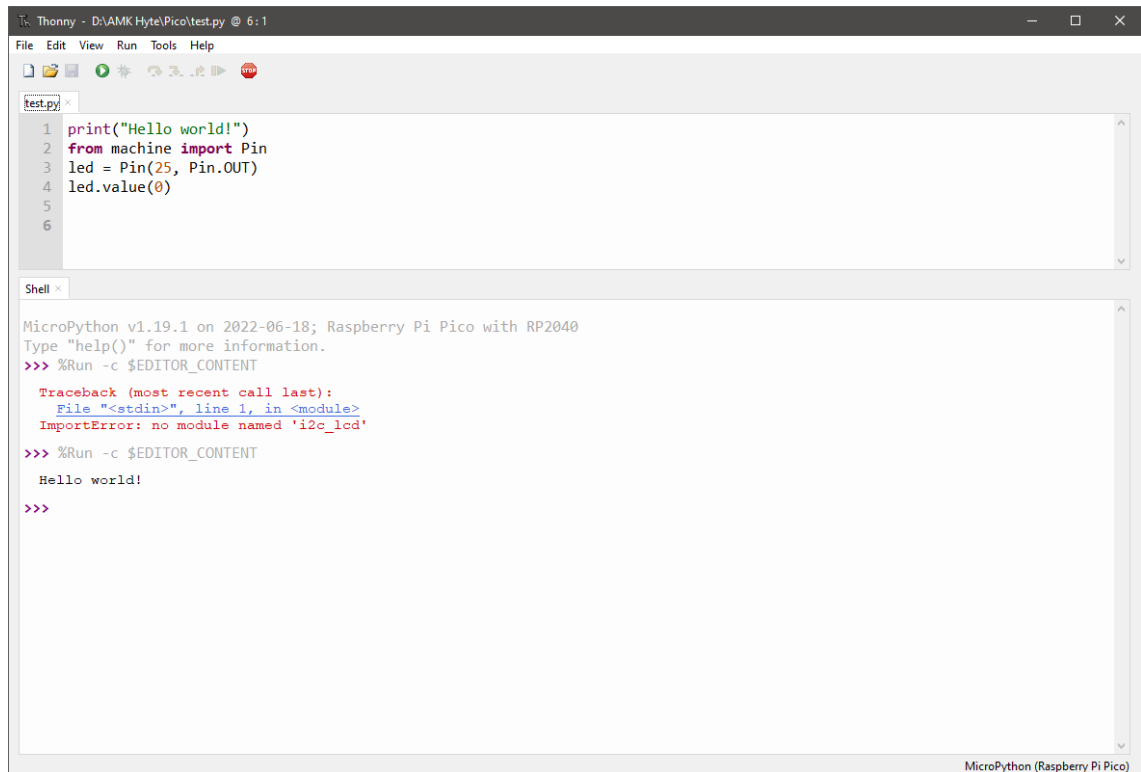
Kuva 15. ECG/GSR Click -sensori

#### 4.4 Ohjelmointi

Raspberry Pi Picon ohjelmointi tehdään MicroPython-ohjelmointikielellä. MicroPython on Python 3 -ohjelmointikielen kevyt ja tehokas toteutus, joka sisältää pienen Python-standardin kirjaston osajoukon ja on optimoitu toimimaan mikro-ohjaimilla ja rajoitetuissa ympäristöissä. [30.]

MicroPython pyrkii olemaan mahdollisimman yhteensopiva normaalin Pythonin kanssa, jotta voidaan siirtää koodia helposti työpöydältä mikro-ohjaimeen tai su-lautettuun järjestelmään. [30.]

Thonny on Python-ohjelmointisovellus. Se on alun perin Tarton yliopistossa kehitetty sovellus, joka on suunniteltu aloittelijaystävälliseksi ohjelmointiympäristöksi Python -kielen oppimiseksi. Sen ominaisuuksia ovat erilaiset tavat suorittaa koodi, vaiheittainen virheidenetsintä ja intuitiivinen visualisointi. Sovellus on ilmainen ja avoin laajennuksia varten. Vuodesta 2018 sovelluksen kehittämistä on ollut tukemassa virolainen osakeyhtiö Cybernetica AS. Sovelluksen käyttöliittymä on esitetty kuvassa 16. [31; 32; 33.]



The screenshot shows the Thonny IDE interface. The top window displays a Python script named 'test.py' with the following code:

```

1 print("Hello world!")
2 from machine import Pin
3 led = Pin(25, Pin.OUT)
4 led.value(0)
5
6

```

The bottom window, titled 'Shell', shows the execution output:

```

MicroPython v1.19.1 on 2022-06-18; Raspberry Pi Pico with RP2040
Type "help()" for more information.
>>> %Run -c $EDITOR_CONTENT
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
ImportError: no module named 'i2c_lcd'
>>> %Run -c $EDITOR_CONTENT
Hello world!
>>>

```

The status bar at the bottom right indicates 'MicroPython (Raspberry Pi Pico)'.

Kuva 16. Thonny -ohjelmointiympäristön käyttöliittymä

## 4.5 Validointi

Tutkimalla aiemmin mainittuja kohtia ja katselmoimalla myös muita insinööriyö-projekteja, joita tähän kokonaisuuteen liittyen on tehty, analysoidaan Raspberry Pi Picon ja kaikkien tutkittujen komponenttien sopivuutta Mittaustiedon käsittely ja visualisointi -kurssille asetettujen tavoitteiden toteuttamiseen. Kynnyskysymyksiä ovat: Onko se ohjelmitavissa python-ohjelmointikieltä käyttäen? Pystytäänkö näillä mittaamaan fysiologisia arvoja? Saadaanko mittaustulosten dataa analysoitavaksi? Pystytäänkö mittauksia tekemään langattomasti?

## 5 Tulokset

Tässä luvussa esittelen tutkimukseni tuloksia. Esittelen ensin haastatteluista tehtyjä havaintoja. Projekti-luvussa esittelen tarkastelluista laitteista tehtyjä havaintoja. Lopuksi tarkastelen laitteiden soveltuvuutta niille asetettuja kynnyskysymyksiä vasten.



## 5.1 Haastattelut

Opetussuunnitelman teossa tärkeimpiä kysymyksenä on aina ollut se, mitä tarvitaan, jotta voidaan kouluttaa työelämään valmiita hyvinvointi ja terveysteknologiaan erikoistuneita osaavia insinöörejä. Opiskelemamme ala on hyvin laaja, eikä opetusta voida suunnitella palvelemaan vain tiettyä osa-aluetta. Kuitenkin perusajatuksena on se, että hyvinvointi- ja terveysteknologia on opetussuunnitelman pääosassa. [10; 11.]

Mittaustiedon käsittely ja visualisointi kokonaisuudessa pääaineina ovat fysiologia, anatomia sekä biomekaniikka. Näihin liittyviä mittauksia voidaan suorittaa erilaista dataa kerääviä antureita hyödyntämällä. Kurssikokonaisuuteen on haluttu mukaan näiden asioiden ymmärtäminen, mitä halutaan mitata ja miten voidaan mitata. Näiden oppimisen tueksi haluttiin mukaan käytännön rakentelua ja mittaamista. Projektin osalta lähdettiin siitä, että lähdetään kehittämään langattomia prototyyppisiä fysiologisten ja muiden mittausten tekemiseen. Tavoitteena on saada mittauksista dataa ja oppia käsittelemään sitä. Myös Python-ohjelmointikieli haluttiin tuoda tähän mukaan, koska sitä käytetään jo ensimmäisen vuoden projekteissa, kuten myös Raspberry Pi Picoa, jota ohjelmoidaan MicroPython -kielellä. [10; 11.]

Kun katsotaan asioita, joita opetuksessa halutaan toteuttaa, voidaan Raspberry Pi Picon valintaa kurssiprojektin suorittamiseen pitää hyvin perusteltuna. Useat avoimen lähdekoodin valmistajat ovat valmistaneet jo useita fysiologisia mittauksiin soveltuvia antureita, joita Raspberry Pi Pico -kontrollerin kanssa voidaan käyttää prototyyppien rakentamiseen. On myös oletettavaa, että erilaisia antureita saapuu vielä enemmän markkinoille tämän jälkeenkin, kun huomoidaan, että Raspberry Pi Pico on tuotteena ollut markkinoilla vielä varsin lyhyen ajan.

Koska Python-ohjelmointikieltä ja Raspberry Pi Picoa käytetään jo ensimmäisen vuoden aikana, jolloin saadaan opiskelijoille opetettua näiden perusteet, pystytään mittaustiedon käsittely ja visualisointi kokonaisuudessa syventymään

paremmin data-analyysiin. Datan kerääminen ja niiden analysointi on mahdollista Pythonin avulla.

## 5.2 Projekti

Haastattelujen jälkeen lähdin tarkemmin perehtymään Python-ohjelmointiin Raspberry Pi Pico -mikrokontrolleriin ja minulle koulusta annettuihin lisäantureihin.

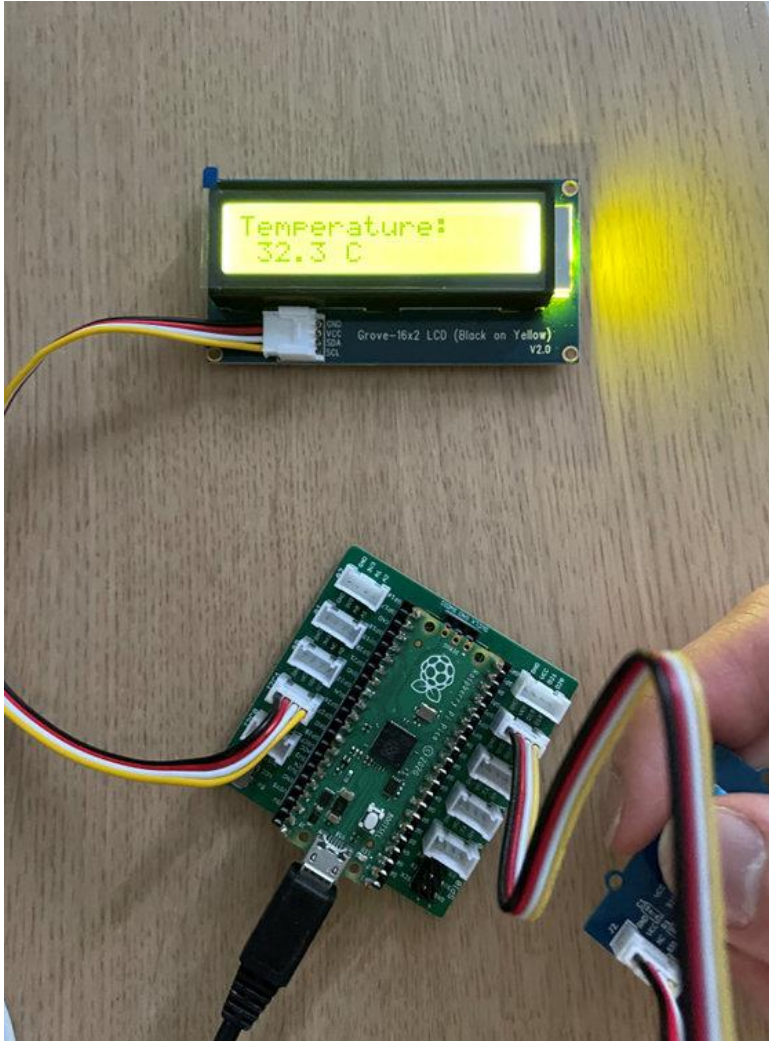
En itse ole näiden opintojen aikana juurikaan päässyt ohjelmoimaan Pythonilla, joten jouduin käyttämään aikaa myös tämän itseopiskeluun. Python-ohjelmoinnin opetteluun löytyi Internetistä paljon materiaalia ja erilaisia verkkokursseja, kuten esimerkiksi Udemy.com, jota itse käytin. Sivustolta voi ostaa useisiin eri aloihin liittyviä kursseja, kuten ohjelmoinnista, valokuvaamisesta tai markkinoinnista. Tätä kautta löysin kursseja Python-ohjelmointiin ja Raspberry Pi Picon käyttöön. [34.]

Alun alkaen projektissa oli tarkoitus toteuttaa vastaavanlainen prototyyppi-projekti, kuten tulevat opiskelijat tulisivat kurssin suorittamaan. En kuitenkaan kyennyt tämän projektin aikana saamaan Python-ohjelmointiosaamista siinä määrin, että olisin kyennyt tällaista suorittamaan. Luovuin tästä ajatuksesta ja keskityin enemmän analysoimaan laitteistoa ja muita aiheen ympärillä tehtyjä töitä tarvittavien tulosten todentamiseksi. Pienempiä kokeiluja kuitenkin tein erilaisten tutoriaalien avustuksella, joista yhden esittelen tässä luvussa.

Raspberry Pi Picon esittely on luettavissa luvussa 3 ja käytössä olevat komponentit luvussa 4.

## 5.3 Lämpömittarin rakentaminen

Tässä luvussa rakennetaan lämpömittari käyttäen Raspberry Pi Pico -mikrokontrolleria, Groven Base Shieldiä, Temperature&Humidity-sensoria ja LCD-näyttöä.



Kuva 17. Lämpömittarin rakenne

Rakenne on nähtävissä kuvassa 17. Lämpötilasensori ja LCD-näyttö liitetään Raspberry Pi Picon kanssa käyttäen Base Shieldiä, johon mikrokontrolleri on liitetty.

```
import utime
from lcd1602 import LCD1602
from dht11 import *
from machine import Pin, I2C
from time import sleep
```

Esimerkkikoodi 1. Sisääntulojen ja koodikirjastojen aktivoiminen

Esimerkki 1 esittää, miten käytössä olevat koodikirjastot ja käytettävät sisääntulon aktivoidaan ohjelmoitavaan sovellukseen.

Koodikirjastot ovat valmiiksi kirjoitettujen koodien kokoelmia, joita käyttäjät voivat käyttää tehtävien optimoimiseen. Tätä projektia varten käytetään koodikirjastoja LCD-näytön ja lämpötilansensorin toimintojen ohjelmointiin. [35.]

```
dht2 = DHT(18)
i2c = I2C(1, scl=Pin(7), sda=Pin(6), freq=400000)
d = LCD1602(i2c, 2, 16)
```

## Esimerkkikoodi 2. Komponenttien liittäminen Raspberry Pi Picoon

Esimerkki 2 esittää, miten laitteet liitetään Raspberry Pi Picon kanssa MicroPythonilla. Lämpösensori on liitetty Base Shieldin porttiin D18 ja LCD-näyttö I2C-liittimeen.

I2C eli inter-integrated circuit on lyhyen kantaman käyttöön tarkoitettu viestintäprotokolla. Protokolla mahdollistaa tiedonsiirron useiden ohjain- tai oheistyyppisten laitteiden välillä. Toinen etu on se, että tarvittavien johtojen määrä on pieni. [36.]

```
while True:

    t = dht2.readTempHumid()

    d.clear()
    d.print('Temperature:')
    d.setCursor(0,1)
    d.print(' {} C'.format(t))
    print('Temperature:')
    print(' {} C'.format(t))
    utime.sleep(5)
```

## Esimerkkikoodi 3. Mittaustuloksen esittäminen LCD-näytöllä.

Esimerkki 3 esittelee, miten mittaustulokset saadaan tulostettua LCD-näytölle. Arvo saadaan lämpötilasensorista, joka tulostetaan näytölle. Yläriville tulostetaan otsikko Temperature eli lämpötila. Tämän jälkeen siirrytään toiselle riville, jonne arvo tulostetaan celsius-asteena ilmoitettuna.

Esimerkeillä esitellyt koodit esitellään kokonaisuudessaan liitteessä 1.

Ohjelma voidaan ajaa Thonny-ohjelmointiympäristön kautta tietokoneelle tallennettuna tai suoraan Raspberry Pi Picoon tallennettuna. Raspberry Pi Picoon tallennettuna mikrokontrolleri aloittaa siihen tallennetun ohjelman aina, kun se liitetään johonkin virtalähteeseen, joko tietokoneeseen tai sopivaan ulkoiseen virtalähteeseen. Mikrokontrollerille tallentaessa ajettava ohjelma tallennetaan nimellä *main.py*. Ulkoisille virtalähteille vaatimuksena on se, että se tuottaa minimissään 1,8 voltin ja maksimissaan 5,5 voltin jännitteen. [37.]

#### 5.4 Validointi

Nyt kun Raspberry Pi Picoon ja käytössä oleviin antureihin on tutustuttu tarkemmin, voidaan käsitellä luvussa neljä esitettyjä kynnyskysymystä.

Voidaanko Raspberry Pi Picoa ohjelmoida käyttäen python-ohjelmointikieltä? Kuten luvussa 4 esiteltiin, Raspberry Pi Picon ohjelmointi tehdään MicroPython-ohjelmointikielillä. MicroPython on Python 3 -ohjelmointikielen kevyt ja tehokas toteutus, joka sisältää pienen Python-standardin kirjaston osajoukon ja on optimoitu toimimaan mikro-ohjaimilla ja rajoitetuissa ympäristöissä.

Pystytäänkö näillä mittaamaan fysiologisia arvoja? Fysiologisilla mittauksilla tutkitaan ihmisten elintoimintoja, niiden säätelyä ja häiriöitä. Näitä tietoja käytetään sairauksien toteamiseen, seuraamiseen ja hoidon arviointiin. [38.]

Kun katsotaan tutkittuja sensoreita, on useammilla mahdollista mitata fysiologisia arvoja. Näillä sensoreilla onnistuu niin sykkeen, EKG:n ja lämmön mittaaminen.

Saadaanko mittaustulosten dataa analysoitavaksi? Lämpömittari prototyypistä nähdään, miten lämpösensorin mittamaa arvoa tulostuu näytölle. Tätä voitaisiin käyttää esimerkiksi perinteisen kuumemittarin tavoin analysoida ruumiinlämpöä. Laajempaakin dataa saadaan tallennettua katsomalla erilaisia tutoriaaleja, mutta en sellaista itse tähän pystynyt toteuttamaan. Siksi pidän erityisen hyvänä asiana sitä, että Raspberry Pi Pico -mikrokontrolleri ja Python-ohjelmointikieli

ovat opetusohjelmassa jo ensimmäisellä vuosikurssilla, jolloin opiskelijoilla on paremmat edellytyksen toteuttaa jopa monimutkaisempiakin prototyyppejä.

Entä voidaanko mittauksia suorittaa langattomasti? Kun ohjelma on tallennettu mikrokontrolleriin ja se on liitetty ulkoiseen virtalähteeseen, voi mittauksia suorittaa vapaasti ilman tietokonetta.

Loppupäätelmänä voidaan pitää, että Raspberry Pi Pico on siihen liitettävissä olevien sensoreineen kanssa täysin pätevä valinta Mittaustiedon käsittely ja visualisointi -projektin suorittamiselle.

## 6 Jatkokehitys

Onko kurssilla käytettävää välineistöä mahdollistaa muuttaa tai laajentaa tarvittaessa muihin laitteisiin? Tässä luvussa käyn läpi erilaisia mahdollisuuksia.

### 6.1 Raspberry Pi Picon kehittyminen

Tarkasteltaessa Raspberry Pi Foundationin muita tuotteita voi huomata, että näistä on tehty jo useampia versioita. Esimerkiksi Raspberry Pi -minitietokoneesta myynnissä on jo versio neljä. Tästä pelkästään voi vetää johtopäätöksen, että Raspberry Pi Pico -mikrokontrolleristakin tullaan julkaisemaan uusia versioita, joihin saadaan uusia ominaisuuksia ja lisää kapasiteettia. Tämä on nähtävissä myös siitä, että tämän projektin aikana on julkaistu langaton versio Raspberry Pi Pico W.

Kun uusia versioita kehitetään ja mikäli ne ovat edelleen ohjelmoitavissa MicroPython -ohjelmointikielellä, on tämä varmasti hyvin implementoitavissa kurssin toteutukseen.

### 6.2 Movesense

Movesense on muun muassa urheilukelloistaan tunnetun Suunto Oy:n aloittama hanke, joka kehittää ja myy EKG- ja liikeseensoreita erilaisten yritysten ja hankkeiden käyttötarkoituksiin. Sen yhteistyökumppaneita ovat muun muassa IBM, Solita ja Symbio. Asiakkaisiin, jotka ovat Movesensen antureita omissa projekteissaan käyttäneet, kuuluvat esimerkiksi ALMA.care, Firstbeat ja Heart2save. [39; 40; 41.]

Vuonna 2021 Suunto luopui Movesense-anturihankkeesta ja sen osti yksikköä johtanut Jussi Kaasinen. Tätä varten perustettiin Movesense Oy -yritys. Suunto tuki siirtymistä ja jatkoi operatiivista yhteistyötä yrityksen kanssa. [42.]

Movesense Medical on Movesensen kehittämä ohjelmoitava, langaton EKG- ja liikeseensori, joka on suunniteltu käytettäväksi esimerkiksi erilaisten hyvinvointi sovellusten ja -laitteiden datankeräämisen tukena. Anturi esitellään kuvassa 17. [43.]



Kuva 17. Movesense medical -anturi [43]

Movesense Medical on avoimen lähdekoodin anturi, jolla voidaan mitata sydämen toimintaa sykettä ja liikettä. Laitteen koko, paino, kestävyys ja kiinnitysvaihtoehdot mahdollistavat soveltuvuuden monen eri liikkeen mittaamisen. [39; 40.]

Anturin ohjelmoinnin rajapinnat ovat avoimia ja ohjelmointiin käytetään mobiiliohjelmointiympäristöjä ja -työkaluja, mikä tekee tästä lopulta sopimattoman mittaustiedon käsittely ja visualisointi kurssikokonaisuudessa. Tämä tehdään siitä syystä, että se vaatisi uusien ohjelmointikielien ja työkalujen opettelua. Muuten anturi on loistava valinta hyvinvointi- ja terveysteknologian opetuksen projekteihin, ja sitä on jo käytetty innovaatioprojekteissa. [11; 43.]



## 7 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia Raspberry Pi Picon soveltuvuutta hyvinvointi- ja terveysteknologian opetuksessa keskittyen fysiologisten mittausten toteuttamiseen. Laitteistolla oli tarve kyetä mittaamaan ihmisen fysiologisia ominaisuuksia ja keräämään näistä mittauksista dataa analysoitavaksi. Lisäksi haluttiin tutustua ja kirjoittaa hyvinvointi- ja terveysteknologian opetuksen historiasta Metropolia Ammattikorkeakoulussa, jota ei tähän asti ollut tehty. Lopuksi haluttiin pohtia myös muita mahdollisia teknologioita kurssin toteutukseen

Haastattelujen kautta saatiin hyvin laajasti tietoa hyvinvointi- ja terveysteknologian opetuksen historiasta ja sen muutoksista. Näistä saatiin koottua tiivis historiikki ja poimittua asioita, mitä opetuksessa on tapahtunut ja mitä sillä on haluttu saavuttaa. Pystyin myös omien kokemuksieni avulla tekemään omaa analyysia opetuksesta.

Lopputulos on, että kaikki välineistöltä vaaditut asiat kurssiprojektin toteutukselle pystyttiin todentamaan. Fysiologisten mittausten toteuttaminen Raspberry Pi Picolla ja lisäkomponenteilla on mahdollista. Näistä saadaan myös kerättyä dataa analysoitavaksi. Laitteisto sopii siis hyvin projektikurssin suorittamiseen.

Alkuperäinen ajatus oli toteuttaa projektin aikana samanlainen fysiologisia mittauksia suorittavan laitteen prototyyppi, kuin mitä kurssin tulevat opiskelijat tulevat rakentamaan. Tällaista ja muutenkin laajempaa tutkielmaa käytössä olevien komponenttien ohjelmoimisesta ei lopulta tehty vaadittavan osaamisen ja ajallisten haasteiden takia. Toteutus olisi vaatinut jo hallussa olevaa laajempaa osaamista Python-ohjelmoinnista eikä kaikille komponenteille löytynyt valmiita koodikirjastoja. Pystyin kuitenkin tekemään pieniä testejä ja analysoimaan olemassa olevaa dataa kaikkien komponenttien osalta.

Tämän osalta voidaan pitää hyvänä sitä, että Python-ohjelmointia ja Raspberry Pi Picon kanssa tehtävää rakentamista tehdään jo ensimmäisenä opintovuotena. Nostaisin kuitenkin vielä samanlaisen taustan kuin minulla itselläni on esiin: Olen itse tullut suorittamaan tätä tutkintoa muunto-opiskelijana ja aloitin

opinnot suoraan toisena vuonna alkaneista suuntaavista opinnoista. Miten tällaiset tapaukset tai muut muuten opintojaan hyväksi lukevat opiskelijat otetaan huomioon, kun oletetaan, että perusteet on jo käyty ensimmäisenä vuonna? Tämä on huomion arvoinen asia opetusta suunnitteleville ja toteuttaville opettajille.

Yleisesti kuitenkin voin omalta osaltani todeta olevani erityisen innoissani siitä, mihin suuntaan uudessa opetussuunnitelmassa on menty. Suunnitelma ja tuleva toteutus sisältää paljon asioita, jotka herättivät lähinnä kysymyksen: Miksei tällaista voinut olla jo omien opintojeni aikana? Tällä tarkoitan suunnitelmaa laajemmin, en pelkästään fysiologisten mittausten teknologian toteutusta. Toivotan tuleville opiskelijoille onnea opintoihin.

## Lähteet

- 1 Besic, Emil. Implementation of first-year hardware theme project for ICT students. 2022. Opinnäytetyö. <<https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202203264014>>. Viitattu 10.11.2022.
- 2 Gere, Zoltan. Implementation of LoRaWAN : from end-device to application. 2021. Opinnäytetyö. <<https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2021111120105>>. Viitattu 10.11.2022.
- 3 Tieto- ja viestintäteknikka, Hyvinvointi- ja terveysteknologian opintosuunnitelman kuvaus. 2022. Verkkodokumentti. <<https://opinto-opas.metropolia.fi/fi/88094/fi/70361/TXK22S1/2396/year/2022>>. Luettu 18.8.2022.
- 4 Uutta osaamista terveysteknologiaan. 2017. Artikkelit. Helsingin insinöörit HI Ry. <<https://www.helins.fi/news/terveysteknologia/>>. Luettu 18.8.2022.
- 5 Master's Degree Programme in Information Technology [ylempi AMK] [englanniksi]: Terveysteknologia. Opintosuunnitelman kuvaus. 2022. Verkkodokumentti. <<https://opinto-opas.metropolia.fi/16187/en/67/79109/3085/2351>>. Luettu 24.10.2022.
- 6 Metropolia Ammattikorkeakoulun tarina. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Verkkootikkeli. <<https://www.metropolia.fi/fi/metropoliaasta/metropolian-tarina>>. Viitattu 10.11.2022.
- 7 Björn, Kari, Yliopettaja, Terveysteknologian entinen tutkintovastaava. Haastattelu 16.9.2022. Haastattelijana Vesa Rasi.
- 8 Opetussuunnitelmat – Arkisto, Hyvinvointitekologian koulutusohjelma: Syksy 2011. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Opinto-opas. Verkkodokumentti. <<https://opinto-opas.metropolia.fi/16183/fi/67/85/880>>. Viitattu 2.10.2022.
- 9 Opetussuunnitelmat – Arkisto, Tieto- ja viestintäteknikka [Espoo]: Hyvinvointi- ja terveysteknologian opintopolku: Syksy 2015. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Opinto-opas. Verkkodokumentti. <<https://opinto-opas.metropolia.fi/88094/fi/67/70361/1803/1600>>. Viitattu 10.11.2022.
- 10 Soini, Mikael, Yliopettaja, Tutkintovastaava [Hyvinvointi- ja terveysteknologia]. Haastattelu 23.9.2022. Haastattelijana Vesa Rasi.
- 11 Lukkarinen, Sakari, Lehtori. Haastattelu 23.9.2022. Haastattelijana Vesa Rasi.

- 12 Opetussuunnitelmat - Tieto- ja viestintäteknikka: Hyvinvointi- ja terveysteknologia: Syksy 2022. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Opinto-opas. Verkkodokumentti <<https://opinto-opas.metropolia.fi/88094/fi/67/70361/3117/2396>>. Viitattu 10.11.2022.
- 13 Halfacree, Gareth & Everard, Ben. 2021. Get started with MicroPython on Raspberry Pi Pico. Verkkodokumentti. <<https://hackspace.raspberrypi.com/books/micropython-pico>>. Cambridge, Iso-Britannia: Raspberry Pi Trading Ltd. Luettu 8.8.2022.
- 14 Raspberry Pi Ltd. Raspberry Pi Pico. 2022. Verkkodokumentti. <<https://datasheets.raspberrypi.com/pico/pico-product-brief.pdf>>. Luettu 15.8.2022.
- 15 About us. Raspberry Pi Foundation. 2023. <<https://www.raspberrypi.org/about/>>. Luettu 2.3.2023.
- 16 About us. Raspberry Pi. 2023. <<https://www.raspberrypi.com/about/>>. Luettu 2.3.2023.
- 17 Grove Ecosystem Introduction. Seeed. 2023. Verkkoartikkeli. <[https://wiki.seeedstudio.com/Grove\\_System/](https://wiki.seeedstudio.com/Grove_System/)>. Luettu 27.2.2023.
- 18 Grove Shield for Pi Pico. Seeed. 2023. Tuotesivu. <[https://www.seeedstudio.com/Grove-Shield-for-Pi-Pico-v1-0-p-4846.html?queryID=886b6bc63454ee54c8efca80e3a90c9b&objectID=4846&indexName=bazaar\\_retailer\\_products](https://www.seeedstudio.com/Grove-Shield-for-Pi-Pico-v1-0-p-4846.html?queryID=886b6bc63454ee54c8efca80e3a90c9b&objectID=4846&indexName=bazaar_retailer_products)>. Luettu 27.2.2023.
- 19 Grove Basic Kit for Raspberry Pi Pico. Seeed. 2023. Verkkoartikkeli. <<https://wiki.seeedstudio.com/Grove-Starter-Kit-for-Raspberry-Pi-Pico/#materials-required>>. Luettu 27.2.2023.
- 20 Grove - PIR Motion Sensor-Low-cost&Easy-to -use motion detector-beginners friendly. Seeed. 2023. Tuotesivu. <[https://www.seeedstudio.com/Grove-PIR-Motion-Sensor.html?queryID=6e7e9bdfee4e4a9c808f25b4f79f2a97&objectID=1772&indexName=bazaar\\_retailer\\_products](https://www.seeedstudio.com/Grove-PIR-Motion-Sensor.html?queryID=6e7e9bdfee4e4a9c808f25b4f79f2a97&objectID=1772&indexName=bazaar_retailer_products)>. Luettu 27.2.2023.
- 21 Grove - Temperature&Humidity Sensor (DHT11). Seeed. 2023. Verkkoartikkeli. <[https://wiki.seeedstudio.com/Grove-TemperatureAndHumidity\\_Sensor/](https://wiki.seeedstudio.com/Grove-TemperatureAndHumidity_Sensor/)>. Luettu 27.2.2023.
- 22 Grove-Encoder. Seeed. 2023. Verkkoartikkeli. <<https://wiki.seeedstudio.com/Grove-Encoder/>>. Luettu 27.2.2023.

- 23 Grove - I2C High Accuracy Temperature Sensor(MCP9808). Seeed. 2022. Verkkoartikkeli. < [https://wiki.seeedstudio.com/Grove-I2C\\_High\\_Accuracy\\_Temperature\\_Sensor-MCP9808/](https://wiki.seeedstudio.com/Grove-I2C_High_Accuracy_Temperature_Sensor-MCP9808/)>. Luettu 27.2.2023.
- 24 Grove - 16x2 LCD. Seeed. 2023. Verkkoartikkeli. <[https://wiki.seeedstudio.com/Grove-16x2\\_LCD\\_Series/](https://wiki.seeedstudio.com/Grove-16x2_LCD_Series/)>. Luettu 27.2.2023.
- 25 Unit OLED. M5Stack. 2023. Verkkoartikkeli. <<http://docs.m5stack.com/en/unit/oled>>. Luettu 2.3.2023.
- 26 PulseSensor.com. Pulse Sensor. 2023. Tuotesivu. <<https://pulsesensor.com/products/pulse-sensor-amped>>. Luettu 2.3.2023.
- 27 Monitor the Heart Rate using Pulse Sensor and Arduino. Last Minute Engineers. 2023. Verkkoartikkeli. <<https://lastminuteengineers.com/pulse-sensor-arduino-tutorial/>>. Luettu 2.3.2023.
- 28 Heart rate 4 click. Mikroe. 2023. Tuotesivu. <<https://www.mikroe.com/heart-rate-4-click>>. Luettu 2.3.2023
- 29 ECG/GSR Click. Mikroe. 2023. Tuotesivu. <<https://www.mikroe.com/ecg-gsr-click>>. Luettu 2.3.2023.
- 30 MicroPython. MicroPython, 2023. Verkkoartikkeli. <<https://micropython.org>>. Luettu 2.4.2023.
- 31 Thonny. 2023. Tuotesivu. <<https://thonny.org>>. Luettu 2.3.2023
- 32 Introducing Thonny, a Python IDE for learning programming. ACM Digital Library. 2015. < <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2828959.2828969>>. Luettu 2.3.2023.
- 33 Learn to code with Thonny — a Python IDE for beginners. Fedora Magazine. Verkkoartikkeli. 2018. < <https://fedoramagazine.org/learn-code-thonny-python-ide-beginners/>>. Luettu 23.4.2023.
- 34 Udemy. Verkkosivu. 2023. <<https://www.udemy.com>>. Viitattu 23.4.2023
- 35 What are libraries in programming? Ryan. 2020. Verkkoartikkeli. <<https://www.idtech.com/blog/what-are-libraries-in-coding>>. Luettu 24.4.2023.
- 36 I2C. SFUptownMaker. <<https://learn.sparkfun.com/tutorials/i2c/all>>. Luettu 24.4.2023.

- 37 Powering your Pico. Raspberry Pi Foundation. Verkkoartikkeli. <<https://projects.raspberrypi.org/en/projects/introduction-to-the-pico/12>>. Luettu 23.4.2023.
- 38 Kehon elintoimintojen mittaukset ja tutkimukset. HUS. <<https://www.hus.fi/potilaalle/hoidot-ja-tutkimukset/kehon-elintoimintojen-mittaukset-ja-tutkimukset>>. Luettu 23.4.2023.
- 39 About Us. Movesense. <<https://www.movesense.com/about-us/>>. Luettu 9.9.2022.
- 40 Showcases. Movesense. <<https://www.movesense.com/showcase/>>. Luettu 9.9.2022.
- 41 Partners. Movesense. <<https://www.movesense.com/partner/>>. Luettu 9.9.2022.
- 42 Suunnon anturibisnes tuttuihin käsiin. 2021. Artikkel. uusiteknologia.fi. <<https://www.uusiteknologia.fi/2021/10/04/suunnon-anturibisnes-tuttuihin-kasiin/>>. Luettu 9.9.2022.
- 43 Movesense Medical. Movesense. 2022. Tuotesivu. <<https://www.movesense.com/product/movesense-medical/>> Luettu 9.9.2022.

## Lämpömittariprototyypin koodit

### Main.py

```
import utime
from lcd1602 import LCD1602
from dht11 import *
from machine import Pin, I2C
from time import sleep

dht2 = DHT(18)
i2c = I2C(1, scl=Pin(7), sda=Pin(6), freq=400000)
d = LCD1602(i2c, 2, 16)

while True:

    t = dht2.readTempHumid()

    d.clear()
    d.print('Temperature:')
    d.setCursor(0,1)
    d.print(' {} C'.format(t))
    print('Temperature:')
    print(' {} C'.format(t))
    utime.sleep(5)
```