



Jens Olsen

# Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen pelkotilojen siedätyksessä: sykkeenseuranta osana pelisovellusta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tieto- ja viestintätekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

6.11.2022

# Tiivistelmä

Tekijä:	Jens Olsen
Otsikko:	Virtuaalisen todellisuuden hyödyntäminen pelkotilojen siedätyksessä: sykkeenseuranta osana pelisovellusta
Sivumäärä:	56 sivua
Aika:	6.11.2022
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Tieto- ja viestintätekniikka
Ammatillinen pääaine:	Pelisovellukset
Ohjaajat:	Operations Manager Joonas Häll Lehtori Antti Laiho

---

Insinööriyössä tutkittiin virtuaalisen todellisuuden hyödyntämisen mahdollisuuksia fobioiden ja pelkotilojen hoidossa. Insinööriyönä rakennettiin Unity-pelimoottoria hyödyntävä pelisovellus, jonka tarkoituksena on toimia siedätyshoidon työkaluna. Sovellusta luodessa otettiin huomioon fobioista ja siedätyshoidoista tehtyä tutkimusta.

Sovelluksen käytöstä pyrittiin tekemään mahdollisimman käyttäjäystävällistä ja selkeää, ottaen huomioon sovelluksen käyttäjien olevan niin paljon pelaavia kuin myös henkilöitä, jotka eivät ole elämänsä aikana kertaakaan koskeneet ohjaimeen.

Käyttäjien immersion lisäämiseksi sovellus hyödyntää Oculuksen Touch-ohjaimia pelimaailman manipuloimisessa. Immersio on tärkeää käyttäjän saamiseksi mukaan sovelluksen maailmaan ja näin paremmin hyötymään sovelluksen tarjoamasta siedätyksestä.

Sovelluksen tuoman hyödyn seuraamiseksi sovellusta varten koottiin Arduino-ohjauskorttia ja siihen liitettävää sensoria hyödyntävä sykkeenseuranta, johon työssä paneuduttiin tarkemmin. Sykkeenseurannan liittäminen sovellukseen tuo hyötyjä käyttäjän tulosten seurannassa ja mahdollisuudessa keskeyttää liian intensiivinen. Peliin liitettäessä sykedataa voidaan hyödyntää esimerkiksi kauhupelissä tehokkaampien säikäytysten luomiseksi.

Sykkeenseurantaa hyödynnettiin sovelluksen sisällä käyttäjäkohtaisesti niin rentoutuneen käyttäjän sykkeen mukaan aktivoituvan automaattisen paniikkipainikkeen avulla kuin myös pitämällä kirjaa eri siedätyksen tasojen vaikutuksista sykkeeseen sekä sykkeen muutoksista siedätyshoidon jatkuessa.

Mittaustuloksista saatiin positiivisia tuloksia lyhyen testailun perusteella, mikä oli linjassa aiheesta aiemmin tehtyjen tutkimusten kanssa. Kehitetyn sovelluksen jatkokehityksellä vaikuttaisi olevan potentiaalia joko yksityisen tai julkisen sektorin puolella.

Avainsanat: virtuaalitodellisuus, fobia, pelkotila, sykkeenseuranta

## Abstract

Author: Jens Olsen  
Title: Desensitization of phobias using virtual reality: Connecting heart rate monitoring to a gaming application  
Number of Pages: 56 pages  
Date: 6 November 2022

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Information and Communication Technology  
Professional Major: Game applications  
Supervisors: Joonas Häll, Operations Manager  
Antti Laiho, Senior lecturer

---

Desensitization of phobias and other states of fear through the usage of virtual reality was investigated for the thesis. A gaming application was build using the Unity-engine to possibly be used as part of the toolset available in desensitization treatment. Research on phobias and desensitization treatment was taken into consideration while building the application.

As the userbase for the application varied from gamers to people who have not picked up a controller in their lives, the usage of the application was designed to be easy and user friendly.

Oculus Touch-controllers are used to manipulate the world in the application to increase the amount of immersion the user is experiencing. Immersion being important in getting the user to accept the virtual world around them and fully benefit from the desensitization the application is providing.

To gauge the benefits of the application in regards of desensitization treatment a heart rate monitoring system was build using an Arduino-microcontroller with an optical sensor. The thesis will explore connecting heart rate monitoring to a gaming application, the benefits it brings to the application build for the thesis and the possibilities it brings to gaming applications in general.

Heart rate monitoring was used in the application to record a resting heart rate for the user, which was then used to enable an automatic panic button in the application to shut down the level causing anxiety. In addition to this the application saved the heart rates the user had during the different levels of desensitization and how they changed during treatment.

The measurements gathered gave positive results during the short testing period. This was in line with other research conducted on the subject. Taking the results into consideration it can be stated that continued development has potential either in the private or the public sectors.

Keywords: virtual reality, phobia, state of fear, heart rate monitoring

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Fobiat, siedätyshoito, sykkeenseuranta ja virtuaalitodellisuus	2
2.1	Fobioiden ja pelkotilojen historiaa	2
2.2	Siedätyshoito ja sen historia	6
2.3	Sykkeenseurannan kehittyminen ja toimintaperiaate	9
2.4	Virtuaalitodellisuus lyhyesti	12
3	Siedätyshoito ja virtuaalitodellisuus terapiamuotona	20
3.1	Tutkimustuloksia siedätyshoidosta	20
3.2	Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen pelkotilojen hoidossa	24
4	Pelkotilojen siedätykseen käytettävän VR-sovelluksen luominen	25
4.1	VR-sovelluksen suunnittelun vaiheet	25
4.2	Sykkeenseurannan toteuttaminen Arduino-ohjaukskortin avulla	30
4.3	Siedätykseen käytettävän sovelluksen luominen Unityssa	38
5	Tuloksia ja tulevaisuudennäkymiä	46
5.1	Virtuaalitodellisuuta hyödyntävä siedätyssovellus	46
5.2	Sykkeenseurannan ja pelisovelluksen yhdistämisen mahdollisuudet	48
6	Yhteenveto	50
	Lähteet	52

## Lyhenteet

- VR: *Virtual Reality*. Virtuaalitodellisuus eli tekotodellisuus on tietokonesimulaation tuottamien aistimusten avulla luotu keinotekoinen ympäristö.
- ICD: *International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems*. WHO:n kehittämä kansainvälinen tautiluokitusjärjestelmä.
- WHO: *World Health Organization*. Yhdistyneiden kansakuntien ihmisten terveyteen keskittyvä järjestö.
- PTSD: *Post-Traumatic Stress Disorder*. Traumaperäinen stressireaktio syntyy henkilön kohdattua vaarallisen tapahtuman. Yleisiä esimerkiksi sodassa olleilla sotilailla tai hyväksikäytön uhreilla.
- VRET: *Virtual Reality Exposure Treatment*. Virtuaalitodellisuutta hyödyntävä altistamisterapia. Siedätysshoidon nykyaikaisin muoto, jossa altistaminen tapahtuu virtuaalitodellisuuslaseja käyttäen.
- HMD: *Head-mounted Display*. Näyttö, joka kiinnitetään yhden tai molempien silmien eteen joka käyttötarkoituksensa mukaan tuottaa visuaalista sisältöä. Esimerkkeinä virtuaalitodellisuuslasit tai lentäjän kypäröiden visiirikomponentti.
- IK: *Inverse Kinematics*. Pelialalla käänteinen kinematiikka tarkoittaa matemaattista prosessia, jonka avulla saadaan laskettua raajojen oikea asento pelimaailmassa. Esimerkiksi pelihahmon seisoessa portaissa saadaan tämän avulla hahmon jalat osumaan tasanteille.

## 1 Johdanto

Insinööriyön tavoitteena oli luoda sovellus, jota pystytään hyödyntämään siedätyshoidossa. Insinööriyön tarkoituksena oli tutkia sovelluksen soveltuvuus siedätyshoittoon, mutta tämä jäi toteutuksessa pintapuoliseksi. Insinööriyön aihe syntyi tekijän kiinnostuksesta ihmismielen toimintaan, yhdistettynä tekijän sekä hänen läheistensä kokemuksiin erinäisten pelkotilojen kanssa elämisestä. Työn tekijä on oma-aloitteisesti hoitanut omia pelkotilojaan siedättämällä itseään pelkotilojensa kohteita kohtaan ja näin todennut saaneensa itse apua pelkojensa hallintaan.

Siedätystä on käytetty pelkotilojen ja erinäisten fobioiden hoitokeinona 1950-luvulta lähtien. Siedätyksen ideana on opettaa uusia käytösmalleja opittujen huonojen tilalle. Yleensä fobiasta tai muusta irrationaalisesta pelosta kärsivä ihminen välttelee tilanteita, joissa hän joutuu kohtaamaan pelkonsa. Kun henkilö välttää pelkonsa kohdetta, hänen ahdistuneisuutensa määrä on pienempi kuin jos hän kohtaa pelkonsa. Kielteisen vahvistamisen myötä henkilö alitajuisesti luo irrationaaliselle pelolleen oikeutuksen (1, s. 2216–2217). Siedätyksen tarkoituksena onkin rikkoa pelon saavuttamaa otetta henkilöstä.

Virtuaalisen todellisuuden luoma immersio voi tutkimusten perusteella lähestyä käyttäjän täydellisen immersion tasoa tai jopa saavuttaa sen. Täydellinen immersio kuitenkin ei ole vaatimus sille, että käyttäjä tuntee olevansa osa ei-fyysistä maailmaa. Tutkimusten perusteella varsinkin vähemmän teknologiaa käyttävät henkilöt kokivat virtuaalisen todellisuuden todempana kuin paljon pelejä pelaavat ja teknologiaa käyttävät. Kuitenkin mitä enemmän käyttäjät pystyvät vaikuttamaan ympäristöönsä virtuaalisen todellisuuden sisällä, sitä voimakkaamman immersion tunteen käyttäjä koki riippumatta siitä, oliko hän aktiivinen teknologian käyttäjä. (2, s. 805–817.)

Yhdistämällä virtuaalista todellisuutta hyviksi havaittuihin siedätyksen käytäntöihin mahdollistetaan käyttäjälle turvallinen ympäristö kohdata omia pelkojaan. Käyttämällä teknologiaa pystytään tilanteita kontrolloimaan paremmin kuin

tavallisessa siedätystilanteessa. Esimerkiksi hämähäkkikammosta kärsivä voi siedätyksen loppuvaiheessa joutua fyysiseen kosketukseen hämähäkin kanssa. Vaikka tilanne olisi henkilölle turvallinen, voi se kuitenkin olla arvaamaton elävän olennon ollessa kyseessä. Samalla poistetaan riski, joka kohdistuu siedätyksessä käytettävään hämähäkkiin, joka saattaa joutua paniikissa olevan ihmisen satuttamaksi.

Luonnollisena jatkumona virtuaalisen todellisuuden ja siedätyksen yhdistämiselle on lisätä sykkeenseuranta osaksi siedätysalustana toimivaa pelisovellusta. Tarkoitusta varten insinööriyössä rakennettiin oma sykkeenseurantalaitteisto, joka hyödyntää Arduino-ohjauskorttiin liitettävää optista sykesensoria käyttäjän sykkeen mittaamisessa. Mittaustulokset eivät kuitenkaan ole lääketieteelliseen käyttöön riittävän tarkkoja, mutta riittävät sovelluksen käyttötarkoituksiin.

## **2 Fobiat, siedätyshoito, sykkeenseuranta ja virtuaalitodellisuus**

Insinööriyössä yhdistyy neljä osa-aluetta: fobiat ja pelkotilat, siedätyshoito, sykkeenseuranta ja virtuaalitodellisuus. Työssä ei käydä läpi jokaista tapahtumaa historiasta vaan vain niitä, jotka ovat tärkeitä tietää työn kontekstissa.

### **2.1 Fobioiden ja pelkotilojen historiaa**

Ensimmäiset tekstit nykypäivänä fobiana tunnetusta diagnoosista löytyvät Hippokrateen kirjoituksista noin vuodelta 400 eaa. Kootuista teksteistä on arveltu löytyvän 19 kirjoittajan tekstejä, vaikka kirjoitukset on mielletty Hippokrateen töiksi. Hippokrates kirjoittaa tekstissä Nicanor-nimisestä miehestä, joka huilun kuullessaan koki pakokauhua. Kauhun tunteet olivat lähes sietämättömiä yöllä, mutta päivänvalossa oireita ei ollut. Oireilua jatkui pitkän aikaa. (3.)

Nicanorin huilumusiikin pelko täyttää fobian määritelmän, koska se on irrationaalinen pelko, joka häiritsee ihmisen normaalia elämistä. Pelkojen kohteiden ei kuitenkaan tarvitse olla itsessään irrationaalisia kuten Nicanorin tapauksessa.

Ihmisen pelätessä vaaraa aiheuttaviakin asioita enemmän kuin loogisesti pitäisi tai pelon häiritessä normaalia elämää lasketaan silloin pelko fobiaksi.

Ensimmäisen kerran termiä fobia käytti roomalainen lääkäri Celsus melkein 500 vuotta myöhemmin kuvaillessaan vesikauhusta kärsiviä potilaita termillä hydrofobia. Fobia-sanan uskotaan tulevan kreikkalaisen sodanjumalan Arieksen pojalta, Phobokselta. Ensimmäisen kerran sana fobia esiintyi kirjoitettuna kuitenkin vasta 1786, kun toimittaja Columbian Magazinessa käytti termiä kuvatakseen fiktiivistä tai kohtuutonta pelkoa oikeaa pahaa kohtaan. Termiä käytettiin uudelleen vasta vuonna 1801, mutta 1800-luvun lopulla termi oli vakiintunut käyttöön. (4.)

1800-luvun lopulla lääketieteen tutkijat alkoivat lajittelemaan mielenterveysongelmia tieteellisiin kategorioihin. Tätä ennen fobiat saatettiin vain mieltää yleisesti osaksi hulluutta tai vain jättää huomiotta. Muutos syntyi, kun tutkijat huomasivat, että hyvinkin erilaisten ongelmien pohjimmainen syy saattoi olla sama. Henkilö, joka on vähällä menettää tajuntansa joutuessaan esiintymään julkisesti, ja henkilö, joka hämähäkin nähtyään joutuu paniikkiin, kärsivät samasta pohjimmallisesta ongelmasta. (4.)

Modernin psykologian isäksi mielletty Sigmund Freud, jonka teoriat nykypäivänä saavat paljon kritiikkiä, kirjoitti potilaasta, jota hän kutsui Pikku-Hansiksi. Hans oli alkanut kärsimään pelkotiloista hevosta kohtaan, kun hän oli säikähtänyt kadulla kulkenutta hevosta. Freud kuitenkin arveli pelon johtuvan Hansin alitajuisesta pelosta isäänsä kohtaan ja hänen kiintymyksestä äitiinsä. (5.)

Fobia sai vuonna 1947 oman erillisen diagnostisen kategorian ICD:hen. 1960-luvulla huomattiin, että fobiat voidaan jakaa kolmeen ryhmään:

- määräkohtaiset pelot eli spesifit fobiat
- agorafobia eli julkisten paikkojen pelko
- sosiaalisten tilanteiden pelot eli sosiaaliset fobiat. (6.)

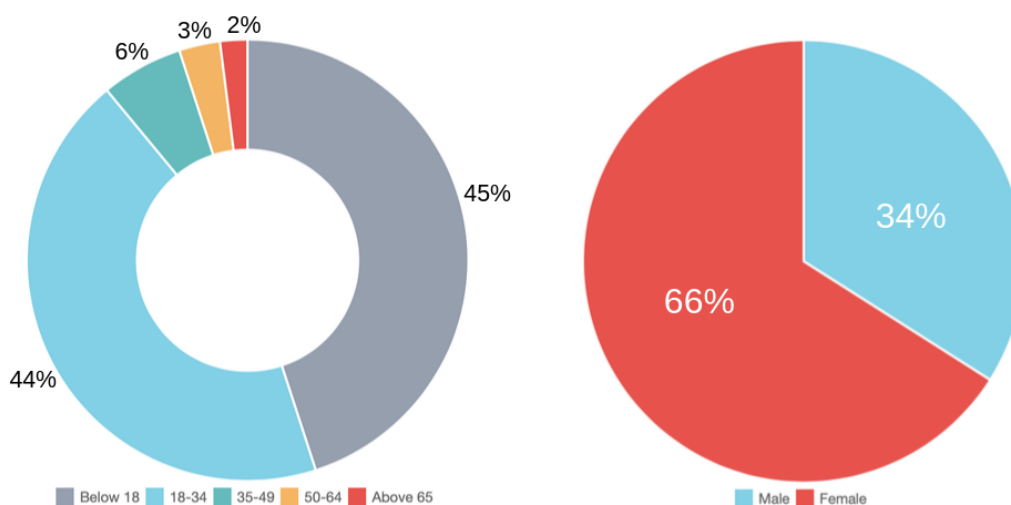
Määräkohtaisilla peloilla tarkoitetaan sitä, kun pelon kohde suhteellisesta turvallisuudesta huolimatta aiheuttaa kohtuutonta pelkoa henkilössä. Pelosta kärsivä



henkilö yleensä itse tiedostaa, että pelko on irrationaalista, mutta silti pelon kohtaaminen luo paniikkia tai vakavaa ahdistuneisuutta. Pelkojen kohteina ovat siis hyvin määritellyt kohteet, esimerkiksi hämähäkit, lentäminen tai korkeat paikat. Tutkimuksista huolimatta tiedetään vain vähän siitä, miten nämä pelot syntyvät. Yhteyksiä on kuitenkin löytenyt perheiden sisältä ja sukupuolesta. Lapsuusajan pelot myös yleensä hiipuvat aikuisuuteen siirtyessä, vaikka joskus pelot jäävät aikuisiällekin. (6.)

FEAROF.netin tekemän kyselyn (kuva 1) tulokset kertovat, että naiset kärsivät fobioista selvästi miehiä enemmän. Nuoremmilla ihmisillä esiintyy myös kyselyn perusteella useammin fobioita. Kyselytutkimuksen tuloksista ei kuitenkaan voida tehdä varmoja johtopäätöksiä, sillä avoimia kysymyksiä jää jäljelle. Esimerkiksi sukupolvien tai sukupuolien välisiin eroihin omien pelkojen myöntämisessä ei ole otettu kantaa. Yhdysvaltalaisen psykiatrien ammatillisen järjestön American Psychiatric Associationin julkaisemassa teoksessa Diagnostic esitetyt tiedot kuitenkin tukevat kyselyn tuloksia (6). Teoksessa mainitaan, että yleensä voimakkaat pelot kehittyvät nuoruusiässä ja ne voivat heiketä vanhetessa luonnostaan tai mielenterveyspalvelujen avustuksella.

# PHOBIAS BY AGE AND GENDER



**2019 Study by FEAROF.net**  
Results are based on 69.108 unique website votes

Kuva 1. Kyselyn perusteella luodut ympyräkaaviot fobioista kärsivien iästä ja sukupuolesta (7).

Agorafobia eli julkisten paikkojen pelko tunnetaan kansankielisesti nimellä torikammo. Kuten nimestä voi päätellä, julkisten paikkojen pelosta kärsivät ihmiset pelkäävät avoimia tai julkisia tiloja. Tilat, joissa henkilö kokee joutuvansa nurkkaan eikä koe pakenemisen olevan helppoa, aiheuttavat yleensä pelkoreaktion, esimerkiksi hissit tai huoneet, joissa on ihmisiä. Julkisten paikkojen pelko helposti aiheuttaa henkilön käytöksessä kehän. Paniikkikohtauksen pelko saa ihmisen välttämään julkisia tiloja, jolloin pelko paniikkikohtauksesta kasvaa isommaksi. Äärimmäisissä tapauksissa henkilöt, jotka kärsivät julkisten paikkojen pelosta, eivät uskalla poistua kotoaan. (8; 9.)

Sosiaalisten tilanteiden pelko yleensä kohdistuu pelkoon tuomituksi joutumiseen tai itsensä nolaamiseen. Sosiaalisista peloista kärsivä henkilö ei välttämättä pelkää kuitenkaan kaikkia sosiaalisia tilanteita vaan pelon kohde voi myös olla tarkemmin määritetty tilanne, kuten puheen pitäminen tai vieraiden ihmisten

kanssa keskustelu. Sosiaalisten tilanteiden pelko mielletään helposti ujoudeksi, mutta kyseessä on voimakkaampi tunnereaktio. Toisin kuin sosiaalisten tilanteiden pelosta kärsivät, ujut ihmiset eivät koe voimakasta ahdistuneisuutta sosiaalisessa kanssakäymisessä. (8; 9.)

## 2.2 Siedätyshoito ja sen historia

Mielenterveyden puolella siedätyshoidosta puhuttaessa tarkoitetaan kognitiivisen käyttäytymisterapian muotoa, jota käytetään ahdistuneisuushäiriöiden, PTSD (Post-Traumatic Stress Disorder), fobioiden ja pelkojen hoidossa. Yleisellä tasolla tämäntyyppinen hoito ei eroa yleisemmin tutummista allergioiden siedätyshoidoista. Potilas tuodaan pelon kanssa tekemisiin vähitellen suuremmissa määrin poistaen opittuja huonoja käytösmalleja ja korvaamalla ne paremilla (10; 11).

Kognitiivisen käyttäytymisterapian isänä usein pidetään Joseph Wolpea, joka vuonna 1952 julkaistussa kirjoituksessa kritisoi psykoterapiaa. Wolpe ei ollut ainoa tutkija, joka työskenteli kognitiivisen käyttäytymisterapian parissa, mutta hänen panostuksensa terapiamuodon kehityksessä oli merkittävän suuri. Wolpe työskenteli veteraanien parissa yrittäen hoitaa heidän traumaperäisiä stressireaktioitaan, jotka vielä tässä vaiheessa tunnettiin sotaneurooseina. Psykoterapiassa hoitokeinona on asioiden käsittely puhumalla asioista psykologin kanssa, jolloin saadaan käsiteltyä asioita. Wolpe ei kuitenkaan huomannut tämän terapiamuodon tuovan helpotusta potilailleen, minkä seurauksena hän alkoi kehittämään omaa terapiamuotoaan laboratoriotutkimuksien avulla. (10; 11.)

Tutkimusten tulosten myötä huomattiin, että pelot voivat olla opittua käytöstä. Yksinkertaistaen ihmiset oppivat pelkoa välttäänsä kielteisen vahvistamisen myötä vahvemmin välttämään pelkojensa kohteita kasvattaen pelkoreaktion voimakkuutta. Wolpen teorian mukaan tämän opitun käytöksen tilalle voidaan siedätyksen avulla vaihtaa positiivisempi reaktio. Siedätyksen tarkoituksena on siis vaihtaa pelkoreaktio rauhoittumiseen, ideana että ihminen ei kykene samanaikaisesti kahteen kilpailevaan reaktioon. Samalla siedätyksen onnistuessa myös

opitaan myönteisen vahvistamisen myötä parempia käytösmalleja pelkoja kohdatessa. (1, s. 2216–2217.)

Siedätushoidossa käydään läpi kolme askelta:

- rentoutumistekniikoiden opetteleminen
- pelon hierarkian luominen
- hierarkian läpikäyminen altistumisen avulla (1, s. 2216–2217).

Ensimmäisessä vaiheessa potilaille opetetaan hengitysharjoituksia ja rentoutumistekniikoita. Tekniikkoja on useita, esimerkiksi sanojen toistaminen mielessä, mikä toistojen aikana rentouttaa kehoa ja mieltä. Rentoutumistekniikoiden oppiminen on tärkeää vastavuoroisen estämisen periaatteen vuoksi. Vastavuoroisen estämisen periaate on Wolpen tutkimuksiin pohjautuva teoria siitä, että ihminen ei kykene pitämään samanaikaisesti vastakkaisia tunnetiloja. Siedätyksen kohdalla ajatuksena korvata jännittyneisyys, jonka ihminen kokee kohdatessaan pelkonsa rentoutumisella. (12.)

Toisessa vaiheessa potilas luo omista peloistaan kymmenen kohdan hierarkian aloittaen eniten ahdistusta luovasta ja siirtyen vähiten ahdistusta luovaan ja tämän jälkeen täyttämällä välissä olevat sijat. Näin fobiasta kärsivän ihmisen siedätystä ei välttämättä aloiteta suoraan fobiaan liittyvästä pelosta, vaan helpommasta kohdattavasta. Fobioita hoidettaessa kuitenkin useimmiten keskitytään fobiaan liittyviin pelkoihin, esimerkiksi hämähäkkikammoa hoidettaessa (kuva 2). Tämän avulla potilas oppii korvaamaan pelon tuoman jännittyneisyyden tunteen rentoutumisella (12).

Behavior	Fear rating
Think about a spider.	10
Look at a photo of a spider.	25
Look at a real spider in a closed box.	50
Hold the box with the spider.	60
Let a spider crawl on your desk.	70
Let a spider crawl on your shoe.	80
Let a spider crawl on your pants leg.	90
Let a spider crawl on your sleeve.	95
Let a spider crawl on your bare arm.	100

Kuva 2. Hämähäkkikammosta kärsivän ihmisen siedätyksessä käytetty pelon hierarkia (13).

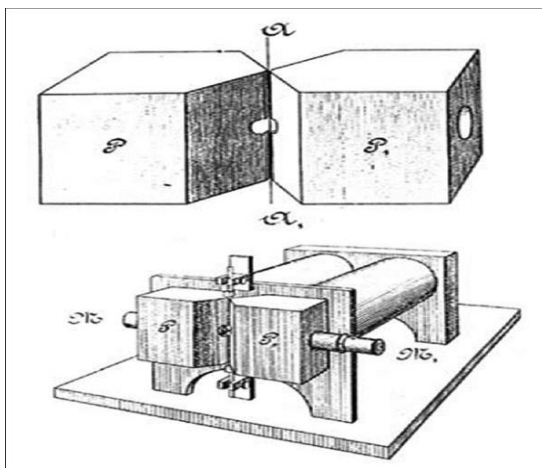
Kolmannessa ja viimeisessä vaiheessa potilas alkaa käymään läpi pelkohierarkiaansa lievimmästä pelosta lähtien. Tähän on kolme eri käytössä olevaa tapaa. In vitro (lasissa) -menetelmässä potilas ohjataan visualisoimaan pelkojensa kohteita. Tätä hyödynnetään yleisesti voimakkaiden pelkojen parissa työskennellessä. In vivo (elävässä) -menetelmässä potilas kohtaa pelkonsa oikeassa maailmassa. Kolmas ja uusin menetelmä on VRET (Virtual Reality Exposure Treatment), jossa potilas kohtaa pelkonsa virtuaalitodellisuutta hyödyntäen. (14.) VRET-menetelmää hyödynnettiin tämän työn käytännön osuudessa.

## 2.3 Sykkeenseurannan kehittyminen ja toimintaperiaate

### Elektrokardiogrammin historia

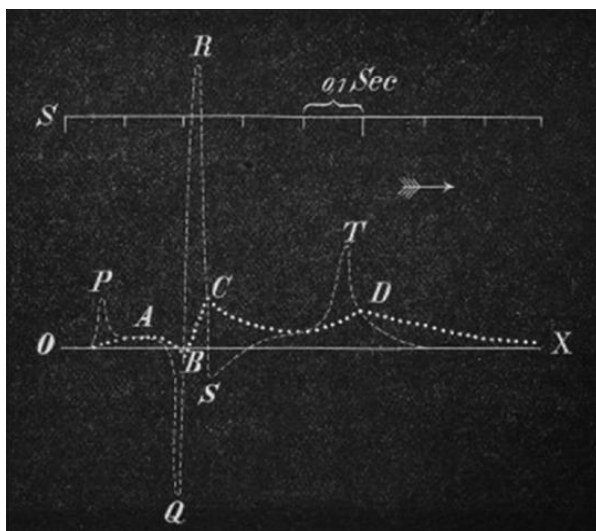
Sykkeenseuranta voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla. Tarkastellaan ensimmäisenä pikaisesti EKG:tä eli elektrokardiogrammia tai kansankielisemmin sydänsähkökäyrää. Sydämen toimintaa mitataan keholle kiinnitettävillä elektrodeilla. Terve sydän noudattaa samaa impulssien järjestystä suurimman osan ajasta, mikä tarkoittaa sitä, että kokenut sydänekäyrän lukija näkee käyrästä paljon tietoa. Sydänekäyrän tarkkuuden ja siitä luettavien tietojen vuoksi sairailoissa luotetaan yleensä EKG:hen optisten sensorien sijaan (15; 16).

EKG ei ole vuosien myötä muuttunut kuin tekniikan osalta. Ensimmäisen sydämen sähköimpulsseja mittaavan laitteen kehitti Augustus D. Waller Lontoossa vuonna 1887. Kuitenkin modernin EKG:n isänä pidetään Willem Einthovenia, joka alkoi tutkimaan Wallerin kehittämää tekniikkaa 1800-luvun lopulla. Hän julkaisi vuonna 1901 alustavan raportin kehittämästään hiusgalvanometrillä (kuva 3), joka koostui ohuesta noin 3 mikrometriä paksusta hopealla päällystetystä kvartsista tehdystä säikeestä sekä voimakkaasta magneettikentästä. (17, s. 181–183.)



Kuva 3. Einthovenin suunnitelma hiusgalvanometrillä (18).

Kun sähköä johdettiin säikeen läpi, se sai aikaan pientä liikettä (kuva 4). Tämän liikehdinnän avulla saadaan piirrettyä käyrä sähköimpulssien vahvuudesta. Eint-hovenin käyttämässä tekniikassa potilaan sydämen impulsseja mitattiin upotta-malla toinen jaloista sekä molemmat kädet erillisiin astioihin täynnä suolaliu-osta. Tämä kolmen elektrodin menetelmä antoi luotettavampaa tietoa kuin aiemmin käytössä ollut kahden elektrodin järjestelmä. Nykyään sydäntä tutkitta-essa käytetään kymmentä kehoon kiinnitettävää elektrodia. (17, s. 181–183.)



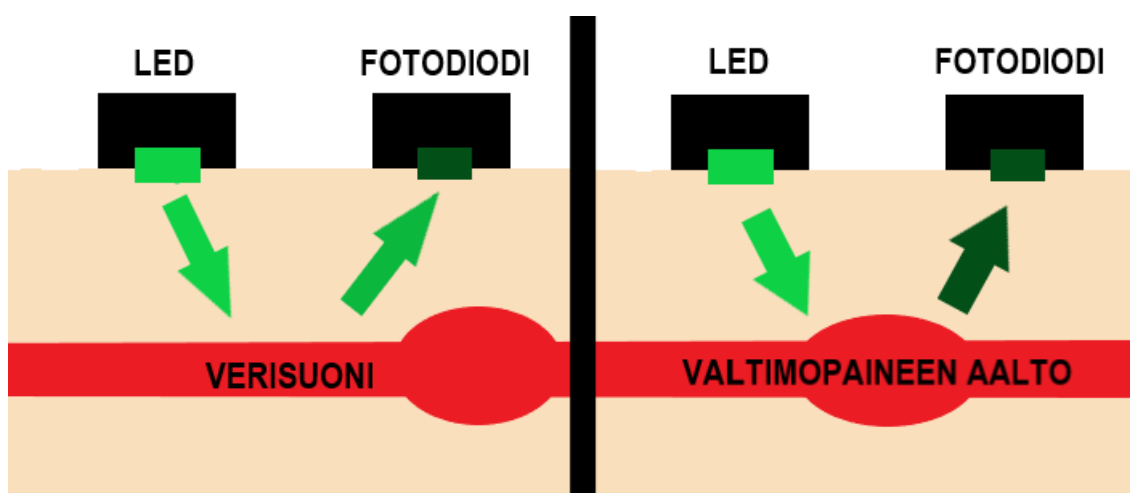
Kuva 4. Ensimmäinen hiusgalvanometrillä otettu sydänkäyrä (19).

### Fotopletysmografian käyttö sykemittauksessa

Fotopletysmografiaa hyödyntävät sykkeenseurantalaitteistot ovat arkipäiväisempiä, kuin miltä nimi saattaa kuulostaa. Fotopletysmografinen sensori tunnetaan kansankielisesti optisena sensorina. Tätä teknologiaa hyödyntävät monien ran-teesta löytyvät urheilurannekkeet tai kellot. Insinööriyötä varten valmistettu vir-tuaalitodellisuussovelluksen käytön aikainen sykkeenseurantalaitteisto hyödyn-tää optista sensoria sykkeen mittauksessa.

Lääketieteessä fotopletysmografialla tarkoitetaan veren määrän muutosten päättelemistä ja kirjaamista. Termiä käytti ensimmäisenä Alrick Hertzman vuonna 1938 kuvaillessaan ihon läpi optisin menetelmin tapahtuvaa verisuonten verimäärien seuranta (20). Fotopletysmografian toimintaperiaate perustuu

siihen, että kudoksen läpäisevä tai kudoksesta takaisin heijastuva valo kohdistetaan fotodiodiin, joka havaitsee sykkeen aiheuttamat muutokset valon läpäisyyssä tai heijastuksessa (kuva 5). Optiset sykesensorit toimivat kaksivaiheisesti. Ensin sensorissa oleva LED valaisee mittausalueen, minkä jälkeen fotodiodi mittaa siihen kohdistuvaa valoa ja sen muutoksia (20). Riippuen sensorin rakenteista valonlähde ja sensori voivat olla joko toistensa vierellä tai vastapuolella. Esimerkiksi älykelloissa sensori sijoitetaan valonlähteen vierelle. Älysensorimuksissa monesti sensori sijaitsee valonlähteen vastapuolella.



Kuva 5. Optisen sykesensorin toimintaperiaate. Veren lisääntyessä mittauskohdassa punasolut imevät itseensä enemmän valoa. (Kuva tehty lähteen 21 tietojen pohjalta.)

Verisuonissa oleva virtaus ei ole tasainen, vaan se kulkee sydämen sykkimisen tuottamina aaltoina. Optisten sensorien toiminta perustuu tämän aallon paikallistamiseen ja sen avulla tehtäviin laskelmiin sydämen lyönneistä. Ihon, lihasten ja luiden absorboiman valon määrä on yleensä hyvin lähellä vakiota, veren määrä mittauskohdassa muuttuu sydämen lyöntien mukaan. (21.)

Kuluttajille myytävissä optisissa sensoreissa käytetään yleensä vihreää valoa. Vihreän valon läpäisykyvyn vuoksi tämäntyyppisillä sensoreilla voidaan mitata vain pintaverenkiertoa. Veren punasolut myös absorboivat itseensä kaikista tehokkaimmin vihreää valoa. Tämän avulla taustameteli mittaustuloksissa pienee huomattavasti, mutta tietyissä tilanteissa tämä heikentynyt valon määrä saattaa heikentää mittaustuloksia. Teknologian yleisyyden sekä sen



yksinkertaisuuden ja halvan valmistushinnan vuoksi kuluttajille luotuja sykesensoreita valmistavat yritykset luottavat tulosten olevan tarpeeksi tarkkoja. (21.)

Ensimmäisen pulssioksimetrin kehitti vuonna 1972 Takuo Ayoagi, ja ensimmäiset pulssioksimetrit saapuivat myyntiin vuonna 1983. Nykyään niitä on yleisesti terveyskeskuksissa ja sairaaloissa. Lääketieteellisessä käytössä oleva pulssioksimetri luottaa vihreän valon sijaan punaiseen valoon aallonpituudella 660 nm sekä infrapunaan, jonka aallonpituus on 940 nm. Hemoglobiinin kyky absorboida valoa vaihtelee suuresti sen mukaan, kuljettaako se happea. Verrattaessa hapellista hemoglobiinia hapettomaan huomataan, että hapellinen hemoglobiini absorboi huomattavasti vähemmän punaista valoa (660 nm) sekä huomattavasti enemmän infrapunavaloa (940 nm) verrattuna hapettomaan hemoglobiiniin. Tämän tiedon sekä sensorien tuottaman datan avulla pystytään luotettavasti laskemaan veren happipitoisuus. (22.)

## 2.4 Virtuaalitodellisuus lyhyesti

### Virtuaalitodellisuuden määritelmä ja historia

Merriam-Websterin sanakirja määrittelee virtuaalitodellisuuden keinotekoiseksi ympäristöksi, joka on luotu tietokoneen avulla ja joka koetaan eri aistimuksien avulla. Määritelmän mukaan käyttäjän teoilla on jonkinasteista vaikutusta ympäristöön. (23.) Sanaa virtuaalitodellisuus käytettiin ensimmäisen kerran vasta 1980-luvun puolivälissä, mutta historiaa teknologialla on paljon pitemmältä ajalta (24; 25). Ensimmäisenä askeleena kohti virtuaalitodellisuutta pidetään Charles Wheatstonen vuonna 1838 tekemää tutkimusta, jossa osoitettiin ihmisen näön olevan stereoskooppinen (26, s. 271–294).

Wheatstonen tutkimuksessa todettiin ihmisen silmien näkevän kaksi erillistä kaksiulotteista kuvaa samasta kohteesta, jonka aivot tulkitsevat kolmiulotteisena kokonaisuutena. Ihmisen syvyysnäkö perustuu tähän kahden silmän yhteistyöhön. (26, s. 271–294.)

Monesti virtuaalitodellisuuden historiasta puhuttaessa mainitaan vuonna 1939 patentoitu View-Master-laite (kuva 6), jonka valmistusta jatketaan yhä. View-Masterin tekniikka kahden hieman eri pisteestä otetun kuvan näyttämisesssä eri silmille perustuu Wheatstonen tutkimuksiin ja hänen kehittämiinsä stereoskooppeihin. Kahden kuvan avulla saadaan luotua kolmiulotteinen vaikutelma kiekossa oleviin kuviin. Isona myyntivalttina olivat matkailukuvat ja mahdollisuus kokea nähtävyydet kolmiulotteisina. (27.)



Kuva 6. View-Masterin toiminta perustui kiekkoihin, joissa oli seitsemän paria kuvia, joiden avulla luotiin stereoskooppinen 3D-vaikutelma (28).

View-Masterin kutsuminen virtuaalitodellisuuslaseiksi on kuitenkin hiukan termin venyttämistä, mutta se oli selkeästi askel kohti tulevaisuutta. Ensimmäisenä virtuaalitodellisuuslaitteena pidetään usein vuonna 1956 kehitettyä Sensoramaa (kuva 7). Elokvateollisuudessa työskennelleen Morton Heiligin kehittämän Sensoraman tarkoitus oli immersoida elokuvan katsoja elokuvan tapahtumiin. Laitteessa oli tätä tarkoitusta varten tuulettimia, jotka puhalsivat ilmaa katsojaa päin, hajugeneraattoreita, joilla kemikaaleille luotiin esimerkiksi pakokaasun hajua, ja penkki, jolla katsoja istui ja kykeni kallistumaan tapahtumien mukana. Heilig kuvasi ja editoi Sensoramaa varten kuusi lyhytelokuvaa. (30.)



Kuva 7. Sensoraman avulla katsoja pääsi kokemaan lyhytelokuvia stereoskooppiselta näytöltä laitteen stimuloidessa muita aisteja erilaisin menetelmin (29).

Seuraava iso kehitysaskel kuluttajille suunnatuissa virtuaalitodellisuusratkaisuissa oli Ivan Sutherlandin Ultimate Display -konsepti (31). Konseptissa hän kuvailee simuloitua todellisuutta, jota ei kyetä erottamaan oikeasta maailmasta. Monia Sutherlandin kuvailemia asioita pidetään nykypäivänä virtuaalitodellisuuslaitteistojen pohjapiirustuksina.

Vuonna 1968 Sutherland loi konseptinsa pohjalta ensimmäisen HMD-laitteen (Head-mounted display) eli päähän kiinnitettävän näyttölaitteen, joka käytti tietokonetta näyttämänsä aineiston tekemisessä. Damokleen miekaksi (kuva 8) nimetty laite hyödynsi käyttäjän sijaintia näyttämänsä aineiston piirtämiseen eri kulmista. Sijainnin seuraamisen ja laitteen suuren painon vuoksi laite oli kiinnitetty mekaaniseen telineeseen, joka kannatteli suurta painoa ja seurasi lasien sijaintia. (32.)



Kuva 8. Damoklees miekka käytössä Massachusetts Institute of Technologysa vuonna 1968 (33).

Laitteen tuottamat kuvat olivat alkeellisia ja koostuivat lähinnä lankapiirroksista, jotka piirrettiin oikean maailman eteen (kuva 9). Damoklees miekan panos nykyisten virtuaalitodellisuuslaitteistojen kehityksessä on kiistaton, vaikka laite itse olikin ensimmäisiä lisätyn todellisuuden (AR eli Augmented Reality) välineitä (32).



Kuva 9. Oikean maailman päälle piirretty viivoista koostuva kuutio (34).

Virtuaalitodellisuuden liittyvät teknologiat jatkoivat kehittymistä nopealla tahdilla. Varsinkin 1980-luku oli isoa teknologian muutoksen aikaa. Vuosikymmenen alussa kehitettiin ensimmäiset käsineet, joiden avulla pystyttiin tulkitsemaan käden asentoja. Vuosikymmenen lopulla Yhdysvaltain ilmailu- ja avaruushallintovirasto Nasan kehittämän simulaattorin myötä kehittyi myös ensimmäinen kolmiulotteinen äänijärjestelmä. (32.)

Kuluttajien kannalta 1990-luku oli samaan aikaan jännittävä ja katastrofaalinen virtuaalitodellisuuden kannalta. Vuonna 1994 Sega julkaisi Sega VR-1 -järjestelmän huvipuistojensa vetonaulaksi (kuva 10). Laitteistoa pidetään yhä yhtenä aikakautensa parhaista esimerkeistä virtuaalitodellisuusteknologiassa (34). Järjestelmän perustana oli Mega Visor Display -näyttö, jota pidetään aikansa parhaana käyttäjäkokemuksena virtuaalitodellisuuden kannalta.



Kuva 10. Yokohaman VR-1-laitteisto käytössä (34).

Sega halusi tarjota korkealaatuista viihdettä kävijöilleen, joten lasien kanssa yhdessä toimivat pelisovellus ja liikettä simuloivat istuimet. Pelit muistuttivat aikansa pelihallipelejä ja sisälsivät valmiiksi renderöityjä videoita. (34.)

Segalla oli työn alla myös kuluttajille suunnattu HMD Sega VR. Laitetta ei kuitenkaan koskaan saatu markkinoille, ja sen kehittäminen lopetettiin vuonna

1994 Segan ollessa huhujen mukaan tyytymätön laatuun virtuaalitodellisuusteknologian heikon kehitysasteen vuoksi. (34.)

Samoihin aikoihin Segan kilpailija Nintendo kehitti omaa kuluttajille suunnattua virtuaalitodellisuuslaitteistoa. Neljän vuoden kehityksen jälkeen markkinoille tuotiin Virtual Boy. Kriitikoiden ja kuluttajien vastaanotto oli huono, minkä syyksi voidaan arvella se, että neljän vuoden kehityksen jälkeen Nintendo julkaisi laitteen keskeneräisenä keskittyäkseen täysin Nintendo 64 -konsoliin (35). Virtual Boyn suunnittelusta oli vaikea löytää positiivisia puolia. Toisin kuin Segan kehiteillä ollut Sega VR ei Virtual Boy ollut HMD-laite. Virtual Boy seisoi lyhyen jalan päällä, jolloin pelaajan peliasento ei ollut parhaasta päästä. Näyttö oli kaksivärinen yhdistäen mustaa ja punaista (kuva 11). (35.)



Kuva 11. Nintendon Virtual Boy ei kerännyt suurta yleisöä (35).

Käyttäjien kerrotaan joutuneen näytön värityksen vuoksi siristelemään silmiään pelatessaan. Koska monet käyttäjät olivat lapsia, pelaaminen tapahtui myös

monesti asennoissa, jotka aiheuttivat lihasjännitystä kehossa. Laitteen huono maine yhdessä Nintendon historian huonoimman myynnin kanssa tarkoitti sitä, että Virtual Boy vedettiin markkinoilta vajaa vuosi myöhemmin. Siinä missä Segan VR-1:tä pidetään aikansa parhaana virtuaalitodellisuuskokemuksena, Virtual Boyn uskotaan hiivuttaneen innostuksen kuluttajille suunnatun virtuaalitodellisuuden pitkäksi ajaksi. (36.)

### Nykyaikaiset virtuaalitodellisuuslaitteistot ja niiden toiminta

Virtual Boyn taloudellisen epäonnistumisen myötä kuluttajamarkkinoille suunnattua virtuaalitodellisuuslaitteistoa jouduttiin odottelemaan vuoteen 2010, jolloin Palmer Luckey kehitti ensimmäisen prototyypin Oculus Rift -virtuaalitodellisuuslaseista. Prototyyppi oli ensimmäinen HMD-laite, joka tarjosi 90 asteen katselukulman. Kuten Damokleen miekka 1960-luvulla, myös Oculus Rift hyödynsi tietokoneita lasien näytölle piirrettävien kuvien tuottamisessa. Tietokoneiden prosessointiteho oli kuitenkin kasvanut huomattavasti, mikä mahdollisti paljon yksityiskohtaisemman materiaalin tuottamisen reaaliaikaisesti kuin aiemmin. Onnistuneen joukkorahoituskampanjan ansiosta, jossa Luckey keräsi 2,4 miljoonaa dollaria, Oculus Riftin kehittäjäversio julkaistiin maaliskuussa 2013. (36.)

Vuosi 2014 oli virtuaalitodellisuudelle iso askel kohti keskivertokuluttajan tietoisuutta isojen tahojen kuten Sony julkistaessa työstävänsä omia VR-lasejaan Playstation 4 -konsolille. Myös Google ja Samsung ilmaantuivat markkinoille Google Cardboardin ja Samsung Gear VR:n kera. Arvioitiin, että virtuaalitodellisuusmarkkinoille työsti tuotteita satoja yrityksiä. Myös Oculus otti ison askeleen, kun Facebook, nykyinen Meta, osti yrityksen 2 miljardilla dollarilla. (36.)

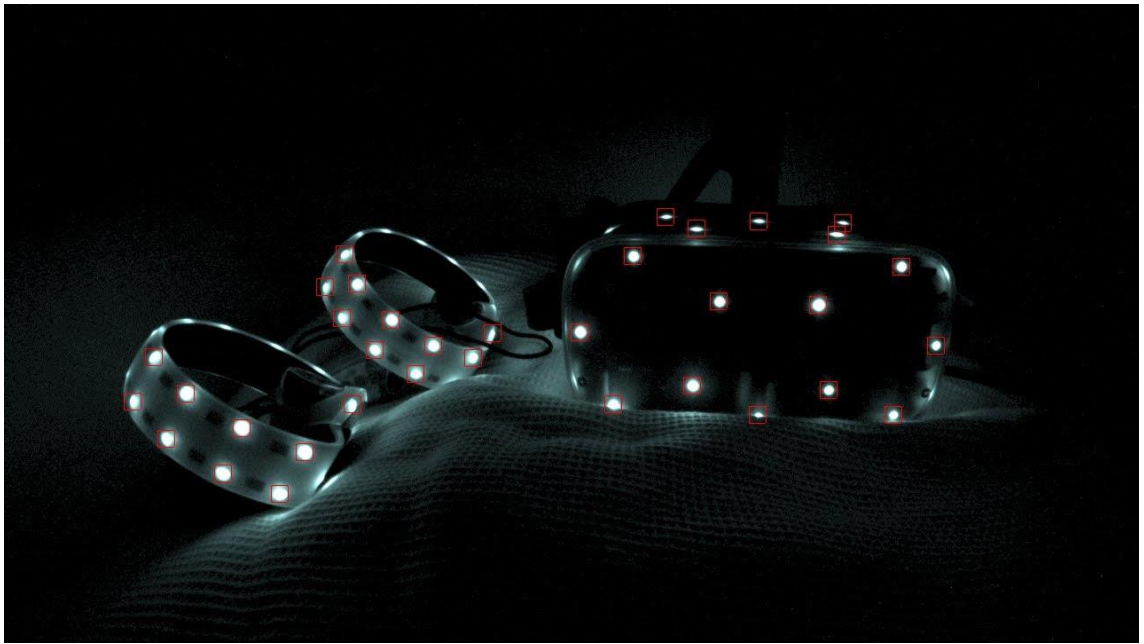
Vuonna 2016 Oculus julkaisi ensimmäisen suoraan kuluttajille tarkoitetun mallin Rift-laseistaan. Yleisesti puhuttiin vain Oculus Rift -laseista, mutta tarkemmin kyseessä olivat CV1 eli Consumer Version 1 -merkinnän omaavat lasit. Lyhyessä ajassa tapahtui paljon isojen yritysten työstäessä omia VR-laitteitaan. Suurin piirtein samoihin aikoihin Oculuksen Consumer Version 1:n kanssa julkaistiin Valven ja HTC:n yhteistyössä kehitetty Vive. Virtuaalitodellisuuden voidaan väittää lyöneen viimeistään läpi markkinoille Oculuksen julkaistessa Quest-lasit.

Lasit eivät tarvinneet ulkopuolista konetta tai ulkopuolisia seurantalaitteita lasien tai ohjainten seuraamiseen. Vuoden 2019 huhtikuussa Valve julkisti Index-virtuaalitodellisuuslasit yhdessä Half Life: Alyx -pelin kanssa. Alle vuorokauden jälkeen ennakkotilausten alkamisesta laite oli myyty loppuun. Itse laite julkaistiin saman vuoden kesäkuussa. (36.)

Virtuaalitodellisuuden kehittyminen on hiukan rauhoittunut muutaman vuoden takaisesta, mutta uusia innovaatioita julkaistaan tasaiseen tahtiin. Metan syyskuussa 2022 julkistamat Quest Pro -lasit sisältävät raporttien mukaan edistynyttä kasvojen ilmeiden seurantaa. Testit ovat osoittaneet, että käyttäjän väännelessä naamansa hänen virtuaalinen hahmonsa oli hyvin tarkasti kopioinut kasvojen vääntelyn. (36.)

Ensimmäinen Rift käytti pöytätasolle asetettavia sensorimajakoita, jotka tarkkailivat ohjaimissa ja laseissa olevia infrapunalähtettä (kuva 12). Constellation-seurantajärjestelmän infrapunalähtetimet toimivat hiukan eri aaltopituuksissa, jolloin majakkasensorit aistivat pelkän sijainnin lisäksi ohjainten ja lasien asennon. Tämän lisäksi HMD-laite sisälsi gyroskoopin, magnetometrin ja kiihtyvyysanturin. Näiden neljän osan avulla pystyttiin suhteellisen luotettavasti aistiin lasien sijainti huoneessa. Ongelmia syntyi siinä vaiheessa, kun käytössä oli vain kaksi sensoria ja käyttäjä kääntyi ympäri selkä kohti pöytää. Majakat kaivat tässä tapauksessa kohteen ja seurantajärjestelmä petti. (37.)





Kuva 12. Oculus Riftin seuranta luotti Constellation-infrapunälähtettämiin (37).

Oculuksen Rift S- ja Quest-lasit lopettivat käyttämästä pöydälle aseteltavia sensoreita ja rakensivat uuden seurantajärjestelmän suoraan laseihin. Ohjaimet yhä lähettivät infrapunavaloa, jota tällä kertaa seurasivat lasseissa olevat sensorit. Lasien sijainnin seuraamiseksi lasien sensorien avulla luotiin kolmiulotteinen kartta pelialueesta ja lasien sijaintia tarkkailtiin millisekunnin välein suhteessa luotuun karttaan. Lasseissa oli mukana myös kiihtyvyyssanturi ja gyroskooppi, jotka auttoivat sijainnin tarkkailemisessa. (37.)

Kuluttajille saatavilla olevat lasit toimivat pitkälti samoilla periaatteilla pienillä omilla muutoksilla lisättyinä. Osa käyttäjistä pitävät enemmän erillisten sensorien tarkkuudesta, kun toiset taas pitävät enemmän laseihin rakennettujen sensorien yksinkertaisuudesta.

### **3 Siedätyshoito ja virtuaalitodellisuus terapiamuotona**

#### **3.1 Tutkimustuloksia siedätyshoidosta**

Psykiatri Joseph Wolpe todisti teoriansa toteutuskelpoisuuden vuonna 1964 julkaistussa tutkimuksessa hoitamalla 18-vuotiasta miestä, jolla oli pakko-oireinen

tarve käsien pesuun. Mies kärsi irrationaalisesta pelosta, että hän sotkee muut ihmiset virtsaan. Vessassa käytyään mies käytti useita tunteja peseytymiseen.

Joseph Wolpe lähestyi hoitoa in vitro -tyylillä ja laittoi potilaan kuvittelemaan tuntemattoman henkilön koskemassa kourulliseen vettä, jonka joukossa oli tippa virtsaa. Hoito eteni asteittain kohti enemmän ahdistusta aiheuttavia ajatuksia. Lopulta, ahdistuksen helpotettua, Wolpe siirtyi sivelemään miehen kämmenselälle virtsaa. Neljä vuotta viimeisestä hoitokerrasta järjestetyllä kontrollikäynnillä Joseph Wolpe totesi miehen pakko-oireiden pysyneen kurissa. (12.)

Wolpen aiemmin julkaistut teoriat ja tutkimustulokset saivat Peter Langin ja David Lazovikin tutkimaan omalla tahollaan siedätyshoitoa. Lang ja Lazovik kehittivät tutkimuksen, jossa testattiin kahtakymmentäneljää käärmettä irrationaalisesti pelkäävää henkilöä. Tutkimuksen aikana henkilöt jaettiin testiryhmiin ja kontrolliryhmiin. Molemmista ryhmistä heidät jaettiin vielä kahteen alaryhmään, joiden erotuksena oli se, että ennen rentoutumisharjoitusten opettelua molemmista pääryhmistä noin puolet suoritti ylimääräisen testin (kuva 13). (38.)

*The design of the experiment, showing the times at which Ss were evaluated (the snake avoidance test, experimenter's rating, fear thermometer, and taped interview)*

Group	Experimental procedures				
E-1	Test 1	training	Test 2	desensitization	Test 3
E-2		training	Test 2	desensitization	Test 3
C-1	Test 1	—	Test 2	—	Test 3
C-2	—	—	Test 2	—	Test 3

Kuva 13. Testiryhmien jakautumisen avulla pystyttiin tutkimaan eri asioita (38).

Testissä kohdehenkilöitä pyydettiin astumaan huoneeseen, jossa on käärme lukitussa laatikossa. Henkilön ollessa huoneessa laatikon kansi avattiin, minkä jälkeen henkilö pyydettiin tulemaan katsomaan käärmettä kosketusetäisyydeltä. Lopuksi henkilö pyydettiin koskettamaan ja nostamaan käärme pois laatikosta. Suoritukset pisteytettiin sen mukaan, miten monta vaihetta suoritettiin tai kuinka pitkälle huonetta he pääsivät.

Tutkimusten jakautumisella pystyttiin osoittamaan, että kaksi peräjälkeistä testiä ilman rentoutumisharjoituksia tai rentoutumisharjoitusten suorittaminen testien välissä ei tuottanut tulosta. Käärmeen koskemiseen kykeni myös suurempi määrä henkilöitä siedätyksen jäljiltä kuin ennen sitä, ja testiryhmässä muutos oli ainoastaan yksi enemmän (kuva 14). (38.)

*The number of Ss who held or touched the snake during the avoidance test*

Group	N	Test 1	Test 2	Test 3
E-1	8	1	1	5
E-2	5	—	1	2
C-1	5	0	0	0
C-2	6	—	1	2
E-1 and E-2	13		2	7
C-1 and C-2	11		1	2

Kuva 14. Testien tuloksissa näkyy siedätyshoidon toimivan (38).

Kuusi kuukautta hoitajakson jälkeen yhdelletoista alkuperäisessä testissä mukana olleelle tehty kontrollitesti osoitti, että kaikki paitsi kaksi alun perin viimeisessä testissä käärmettä koskettaneet pystyivät yhä koskemaan käärmeeseen. Kun verrataan kaikkia, myös koskemisiin kykenemättömiä, kontrolliin osallistuneiden ahdistuneisuus ja pelko oli tutkijoiden huomioiden ja haastattelun perusteella vähentynyt aloitustilanteesta. Pienestä osallistujamäärästä huolimatta sekä Lang että Lazovik uskoivat testin osoittavan siedätyshoidon toimivuuden. (38.)

Vuonna 1999 julkaistussa tutkimuksessa Juan Capafóns, Carmen Sosa ja Conrado Viña tutkivat 48 lentopelkoisen ihmisen ryhmää. Ihmiset jaettiin 24 ihmisen testiryhmään ja kontrolliryhmään, johon sijoitettiin loput 24 ihmistä. Henkilöiden ahdistuneisuutta ja pelkotilaa mitattiin sekä haastatteluin että myös fysiologisilla menetelmillä. Henkilöiden sykettä ja lihasjäykkyyttä seurattiin lääketieteellisillä laitteilla.

Tutkimus osoitti, että kontrolliryhmän ja testiryhmän välillä ei ollut ensimmäisessä, ilman siedätyshoitoa toteutetussa testissä merkittäviä eroja ahdistuneisuudessa. Ensimmäisen testin jälkeen testiryhmälle toteutettiin 12–15 viikkoa

kestänyt siedätyshoitajakso, joka sisälsi kaksi yhden tunnin hoitokertaa hyödyntäen in vivo- ja in vitro -hoitoja. Hoitokertojen jälkeen toistettiin simuloidun lennon testi. Tulokset osoittivat, että hoitoa saaneista kaikki kahta lukuun ottamatta ja yksi henkilö kontrolliryhmästä osoitti pelon lieventymisen merkkejä. (39.)

Siedätyshoitoa on tutkittu hyvin laajasti, ja tulokset ovat olleet selkeät. Siedätys-hoidon on tutkitusti todistettu toimivan suurimmassa osassa tapauksia. Onnistumisprosentti ei kuitenkaan ole 100.

### 3.2 Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen pelkotilojen hoidossa

Mielenterveysalan työntekijät ovat enenevässä määrin ottaneet käyttöön virtuaalitodellisuusteknologiaa auttamaan potilaiden hoidossa. Teknologiaa hyödynnetään laajalti eri mielenterveysongelmien hoidossa. Koska virtuaalitodellisuudella on kyky immersoida käyttäjänsä, voidaan löytää turvallinen välimaasto in vivo- ja in vitro -menetelmien välille. Mielikuvaharjoitusten (in vitro) yhtenä ongelma-kohtana siedätushoidon kannalta ovat olleet henkilöt, joilla on ollut vaikeuksia kuvitella riittävän uskottavasti pelkojensa kohteita. On arvioitu 1–3 prosentin ihmisistä kärsivän afantasiasta. Afantasia määritellään kyvyttömyydeksi kuvitella asioita mielessä, kansankielisesti mielikuvituksen puutteeksi. Näiden ihmisten kohdalla mielikuvaharjoitukset ovat osoittautuneet hyödyttömiä.

Virtuaalitodellisuuden avulla voidaan helpommin auttaa turvallisessa ympäristössä potilaita. Virtuaalitodellisuusteknologiaa on ahdistuneisuuden ja pelkojen hoidon lisäksi käytetty esimerkiksi kiputilojen lievitykseen sekä syömishäiriöiden hoidossa (40).

Barbara Rothbaumin johtamassa tutkimuksessa vuodelta 1995 tutkittiin korkean paikan kammosta, erityisesti hisseihin liittyen, kärsivän henkilön pelkotilojen siedätushoitoa virtuaalitodellisuutta hyödyntäen. Tutkimuksessa henkilö altistettiin virtuaalimaailmassa olevalle hissille. Viiden hoitokerran jälkeen testattuna henkilön pelkoreaktiot olivat vähentyneet eikä henkilö vältellyt enää pelkojensa kohdetta yhtä voimakkaasti. (41.)

Lentopelon siedätystä virtuaalitodellisuuden avulla tutkittiin vuonna 1996, ja jatkotutkimus toteutettiin vuonna 1999. Alkuperäisessä tutkimuksessa testiryhmälle toteutettiin kolmetoista hoitokertaa, joista kuusi oli siedätushoitoa virtuaalisen lentokoneen avulla. Jatkotutkimuksessa hoitokertojen lukumäärä vähennettiin kahdeksaan tasaisesti jaettuna rentoutumistekniikoiden opetteluun ja siedätushoitojen kesken. Molemmissa tapauksissa hoitokertojen jälkeen toteutettiin testilento, jossa mitatut ahdistustasot olivat 0–30 alkuperäiselle ja 15–35 jatkotutkimukselle. Ahdistustasojen mittaamiseksi käytettiin haastattelun, käytöksen seurannan ja fysiologisten mittaustulosten kuten sykkeen yhdistelmää. Kuusi

kuukautta hoitokertojen jälkeen tulokset vaikuttivat pysyviltä ja jokainen testiin osallistunut kertoi olleensa lennolla hoitojen jälkeen. (42.)

Tarkastellessa yhtätoista tutkimusta virtuaalitodellisuuden hyödyntämisestä terapiatyökaluna huomataan, että tulokset ovat olleet positiivisia. Tämän tuloksen kanssa kuitenkin on hyvä pitää mielessä, että vielä nykyään luotettavaa julkaistua tutkimusdataa on varsin vähän täysin luotettavien päätelmien tekemiseksi. Tutkimukset, joita tarkasteltiin, olivat myös suhteellisen pieniä ja toteutettu kliinillä tavalla, ja siksi suoraa vertausta tavalliseen hoitojaksoon ei voida täysin luotettavasti tehdä. Uusia tutkimuksia kuitenkin tulee jatkuvasti.

## **4 Pelkotiilojen siedätykseen käytettävän VR-sovelluksen luominen**

Insinööriyössä luotiin Unity-pelimootorilla toimiva virtuaalitodellisuuslaseja hyödyntävä pelisovellus, joka suunniteltiin toimimaan fobioiden ja pelkotiilojen siedätyksen apuvälineenä. Insinööriyön lopputuloksena oli tarkoitus tuottaa pohja sovellukselle, jota voisi jatkokehityksen jälkeen käyttää niin kotikäytössä kuin mielenterveydenhuoltopalveluiden vastaanotoilla siedätyshoidon toteuttamisessa. Sovelluksen kumppaniksi lähdettiin kokoamaan prototyyppiä sykkeen-seurantajärjestelmälle, joka kattaa niin laitteiston kuin koodin ja jonka käyttäminen kotona tai pienellä vastaanotolla on mahdollista.

### 4.1 VR-sovelluksen suunnittelun vaiheet

#### Sovelluksen suunnittelu

VR-sovelluksen suunnittelu aloitettiin tietoisesti tyhjästä sen sijaan, että, suunnittelun pohjana olisi käytetty aiemmin luotuja vastaavia sovelluksia. Tarkoituksena oli olla sitomatta tulevaa sovellusta aiempien ratkaisuihin ja näin mahdollisesti löytää innovatiivisia ratkaisuja.

Alustava suunnitelma luotiin kahdessa vaiheessa. Ensimmäinen versio luotiin kehitystiimin jo olemassa olevan tiedon pohjalta. Kehitystiimin aiempien

projektityöskentelykokemusten kautta opittuna otettiin alusta alkaen tavoitteeksi kohtalaisen yksinkertainen ja pieni toteutus.

Sovelluksen rakenteeksi suunniteltiin aulatilaa, joka toimisi päävalikkona. Aulasta käyttäjä pystyisi valitsemaan oman käyttäjänsä ja etenemään joko lepo huoneeseen tai käytettävissä olevien pelkojen huoneisiin. Lepohuone suunniteltiin rauhalliseksi ympäristöksi, jossa käyttäjä pystyy rauhoittumaan ja sopeutumaan olemaan virtuaalitodellisuudessa ennen siedätyskerran aloittamista. Lepohuoneessa tapahtuisi myös käyttäjän leposykkeen mittaus.

Sovellukseen valittiin kymmenestä kehittäjätiimin listaamasta pelosta kolme yleistä ja helposti toteutettavaa siedätyksen kohdetta:

- araknofobia eli hämähäkkikammo
- akrofobia eli korkean paikan kammo
- klaustrofobia eli ahtaan paikan kammo.

Jokaiselle valitulle pelolle suunniteltiin kolme vaikeudessa etenevää tasoa. Vaikeampi taso aukeaisi suorittamalla aiempi taso onnistuneesti. Sovellus myös pitäisi kirjata jokaisen suorituksen keskiarvosykkeestä kehityksen seuraamisen helpottamiseksi. Seuraavaksi käydään lyhyesti läpi eri tasojen alustavat suunnitelmat.

Hämähäkkikammon siedätystasoissa ensimmäisenä käyttäjän tuli olla samassa tilassa pöydällä olevan liikkumattoman hämähäkin kanssa. Seuraavassa tasossa hämähäkki liikkui pöydällä ja käyttäjän tuli lähestyä hämähäkkiä. Viimeisessä tasossa käyttäjän tuli nostaa hämähäkki pöydältä kädelleen.

Ahtaan paikan kammon siedätystasoissa edetään ensimmäisessä tasossa kuljemalla käytävää pitkin, joka kutistuu sitä enemmän, mitä pitemmälle on kuljettu. Seuraavassa tasossa käyttäjä on huoneessa. Huoneessa on painike, jota painettaessa tila kutistuu ja painikkeen painallusten välissä on 30 sekuntia. Kolmen painalluksen ja tilassa oleskelun jälkeen taso on suoritettu. Viimeisessä tasossa käyttäjä on samassa tilassa toisen tason kanssa, mutta hänellä ei ole

kontrollia tilan pienenemiseen. Kolmannen pientymisen ja huoneessa olon jälkeen taso on suoritettu.

Korkean paikan kammon siedätyksen tasoissa edetään ensimmäisessä tasossa nousemalla keittiöjakkaralle, otetaan esine korkealta tasolta ja laskeudutaan jakkaralta. Jakkaralle nouseminen ja laskeutuminen tapahtuisi jakkaran portaiden aktivoimisella ohjainta painamalla. Toisessa tasossa käyttäjä on parvekkeella ja hänen tulee kävellä kohti kaidetta sekä tarttua kaiteesta kiinni. Käyttäjän pidettyä kaiteesta kiinni 20 sekuntia taso on suoritettu. Viimeisessä tasossa käyttäjän tulee kulkea kahden korkean rakennuksen kattojen välissä olevan langun avulla katolta toiselle. Tämän suoritettua taso on suoritettu.

Käyttäjän immersion parantamiseksi sovelluksessa suunniteltiin käytettävän käänteiskinematikkaa käyttäjän kehon animoimiseen. Liikkumisen suunniteltiin tapahtuvan lineaarisena liikkeenä teleportaation avulla. Käänteiskinematikan omaavan kehon uskottiin vähentävän käyttäjän kärsimää huonovointisuutta virtuaalitodellisuudessa riittävästi suhteessa kasvavaan immersion, joka saavutetaan oikeaa kävelyä kuvastavalla liikkumisella.

Alkuperäistä suunnitelmaa tehdessä pohdittiin myös, mitä sovelluksen toteutukseen tarvitaan niin tiedon kuin työkalujen osalta. Työkaluista listattiin seuraavat asiat:

- sykesensori
- virtuaalitodellisuuslasit
- Unity-pelimoottori
- 3D-malleja
- Visual Studio
- kyselylomake.

Sykesensoriksi suunniteltiin aluksi kehitystiimiläisen omaa älykelloa. Virtuaalitodellisuuslaseiksi valikoituivat Oculus Quest 2- ja Rift S -lasit kehittäjätiimin omistamien lasien ja lainattavissa olevan laitteiston vuoksi. Kehityksen suunnitteluvaiheessa lyötiin lukkoon Unity-pelimoottorin versio kehityksen



yhteensopivuuden takaamiseksi. 3D-mallien tarpeeseen ja kyselylomakkeen suunnitteluun palattiin toisen vaiheen jälkeen.

Tiedontarpeen osalta pohdittiin alustavasti, mistä kaikesta tarvittaisiin lisätietoa kehitystä varten. Päädyttiin hakemaan lisää tietoa seuraavista asioista:

- Miten siedätystä toteutetaan?
- Minkälaisia aistimuksia ihmisellä on pelätessä?
- Mitä ottaa huomioon siedätystilanteessa?
- Minkälaisena sykkeen tasojen tulisi olla siedätyksessä?
- Kuinka monta tasoa olisi hyvä olla siedätyksessä?
- Monta siedätyskertaa käyttäjälle olisi hyvä järjestää?

Ennen suunnitelman toista vaihetta haettiin tietoa edellä olevista asioista. Moni alkuperäisistä ajatuksista joutui uudelleen pohdinnan alle uuden tiedon myötä. Siedätysten tasojen määrä tiedettiin jo alkuperäisessä suunnitelmassa liian pieneksi, mutta prototyypin valmistusta varten tehtiin päätös kokonaisuuden tiivistämisestä kehitystiimin koolle sopivaksi. Siedätyshoidossa pidetään kymmenen askeleen tapaa hyvänä. Työtä varten nämä kymmenen askelta tiivistettiin kolmeksi (ks. luku 2.2, s. 7).

Sykemittauksen hyvistä raja-arvoista ei tutkimuksen aikana löytynyt tietoa. Prototyyppiä varten turva-arvona otettiin käyttöön arvo, joka saatiin lisäämällä mitattuun leposykkeeseen viisikymmentä. Suunniteltiin tämän arvon yhdistämistä pelaajan käytössä olevaan paniikkinappulaan, jolla pelaaja pääsi suoraan siedätyshuoneesta aulaan.

Tiedonhausta opittiin, että siedätyshoidossa olisi tärkeä olla terapeutti tai psykologi mukana potilaan kanssa potilaan oman turvallisuuden ja hyvinvoinnin vuoksi (12). Tämä yhdistettynä tutkimuksen toteuttamiseen haavoittuvassa tilassa olevien ihmisten parissa vaadittavan eettisen tutkimusluvan kanssa jouduttiin tasapainottamaan opinnäytetyön aihe enemmän kohti teknistä toteutusta. Asiaan paneuduttua todettiin, että sovelluksen testaamiseen voitaisiin käyttää kehitystiimiä ja sen jäsenten lähipiiriä, mikäli henkilöitävää dataa ei kerättäisi.

Tiedonhaussa löydettiin myös mahdollisuus käyttää Metropolian laboratoriossa olevaa fysiologisen datan mittauskalustoa. Asiaa tutkittiin, mutta puuttuva yhteistyökumppani ja vaadittava eettinen tutkimuslupa tarkoitti, että palattiin takaisin alkuperäisen suunnitellun sykemittauksen toteutustapaan.

## Sykemittauksen toteuttamisen suunnittelu

Sykkeenseurantaan tarvittavista toiminnallisuuksista tehtiin lista. Lopulta ainoa ehdoton ominaisuus, jonka itse sykesensori tarvitsi, oli luotettavan datan lähettäminen tietokoneelle reaaliajassa tai tarpeeksi lähellä. Kaikki muu toiminnallisuus pystyttiin tarvittaessa rakentamaan Unity-pelimoottorissa C#-kielellä.

Alkuperäisessä suunnitelmassa sykemittauksessa oli tarkoitus hyödyntää kehitystiimin jäseneltä löytyvää sykemittauksen mahdollistavaa älykelloa. Lukuisten yritysten jälkeen saada syke-data kellosta koneelle löydettiin tieto, että käytössä ollut kello ei tukenut reaaliaikaisen syke-datatan lähettämistä.

Sekä alkuperäisen suunnitelman että laboratorion käytön epäonnistuttua lähdettiin etsimään vaihtoehtoja sykkeenseurannan toteutukselle. Tutkimisen jälkeen löydettiin useita mahdollisia ratkaisuja kaupallisista sykkeenseurannan mahdollistavista laitteista. Näiden lisäksi löydettiin kertomuksia itse toteutetuista sykkeenseurantalaitteista.

Päädyttiin lähtemään oman sykesensorilaitteiston rakentamiseen, mutta aivan alusta alkaen rakentamista ei suoritettu itse. Tutkimisen jälkeen päädyttiin hankkimaan Arduinon Uno-ohjauskortti, jonka muuttaminen sykesensoriksi tarvitsee vain oikeanlaisen sensorin sekä koodia sen ohjaamiseksi ja tietojen käsittelemiseksi. Sensorin valmistamiseksi päädyttiin hankkimaan osat avoimen lähdekoodin laitteiston PulseSensorin (44) valmistamiseksi.

Tarvittavia osia odottaessa tehtiin lista asioista, joita tarvittiin sovelluksen puolelta sykkeenseurantaan liittyen:

- sykkeen saaminen sovellukseen muuttujana
- leposykkeen mittaaminen

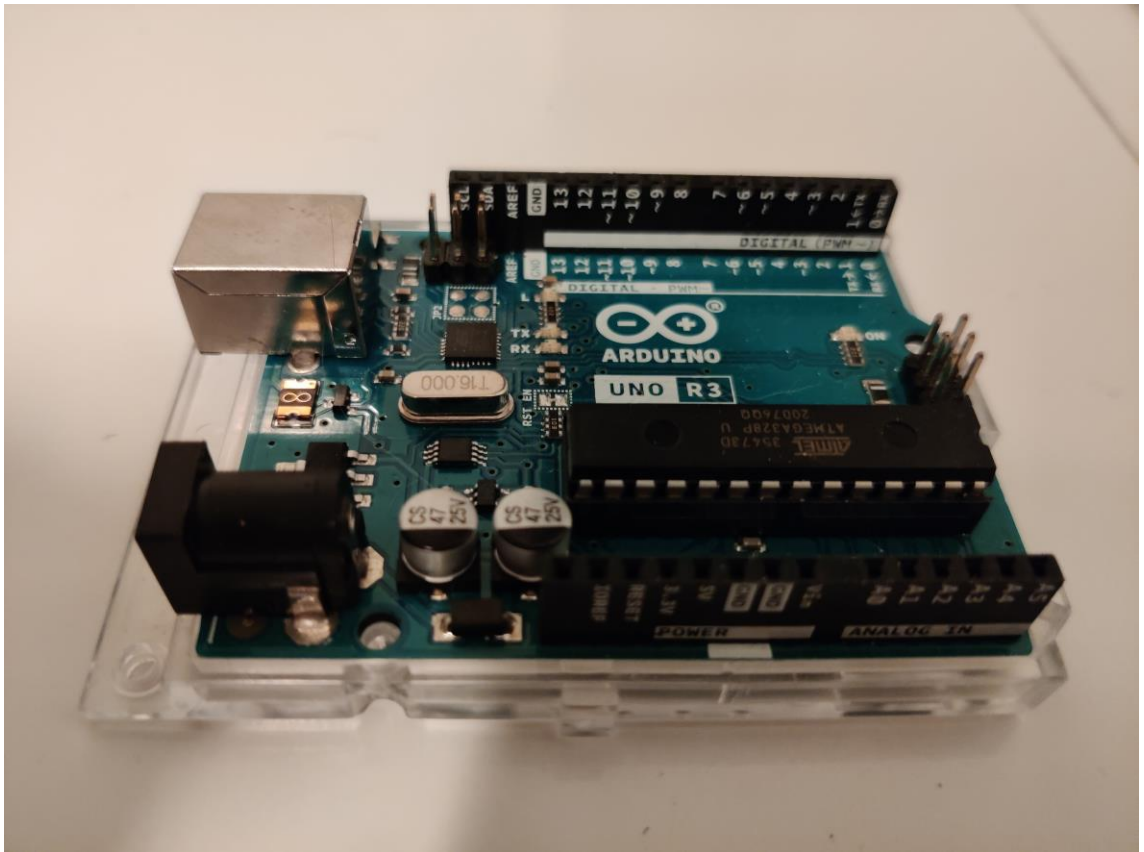
- keskiarvosykkeen laskeminen kerätystä tiedosta
- paniikinappulatoiminnallisuuden yhdistäminen sykkeeseen
- syketiетоjen tallentaminen käyttäjälle.

## 4.2 Sykkeenseurannan toteuttaminen Arduino-ohjauskortin avulla

### Arduino-ohjauskortti

Arduino on Ivrea Interaction Design Instituten luoma yksinkertainen pohjaratkaisu erilaisten prototyyppien nopeaan luomiseen. Se kehitettiin henkilöille, joilla on jonkinlainen pohja elektroniikan tai koodaamisen puolelta. Suosion kasvessa tuotetta kehitettiin eteenpäin vastaamaan uusia haasteita ja tarjoamaan mahdollisuuksia monimutkaisempiin toteutuksiin perinteisiin 8-bittisiin mikro-ohjauskortteihin nähden (45).

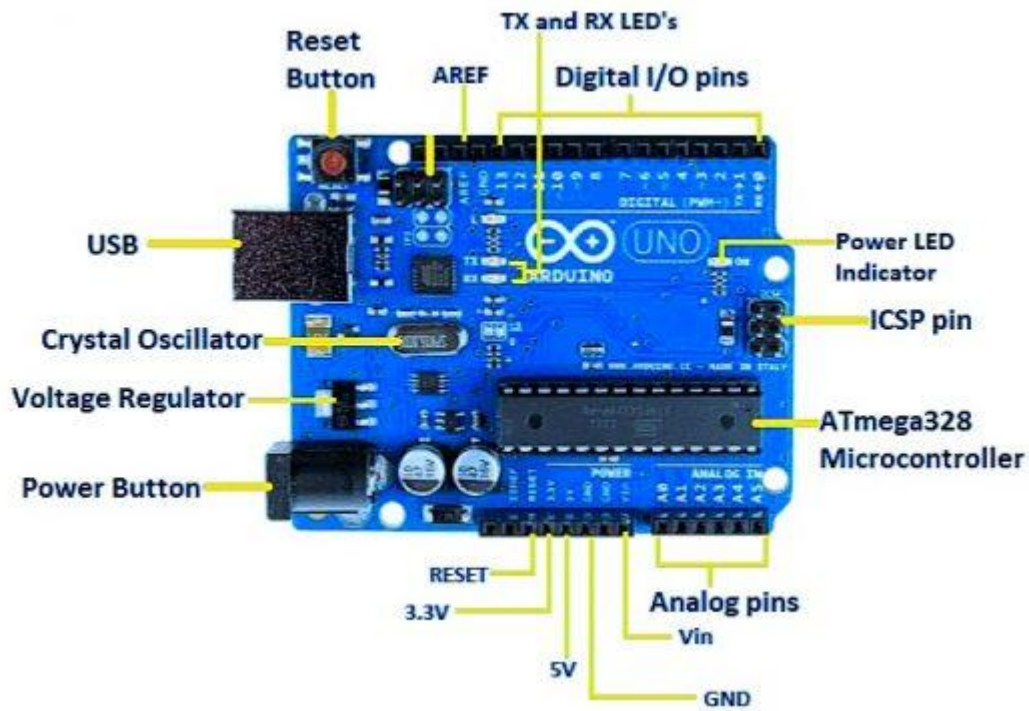
Arduino on avoimen lähteen alusta, jossa yhdistellään helposti käytettävää laitteistoa ja ohjelmistoa. Arduinon pystytään yhdistämään erilaisia komponentteja, joiden ohjaaminen tai niistä tiedon lukeminen on yksinkertaista. Arduinosta on tarjolla monia valmiita ratkaisuja, joista työhön valittiin Arduino Uno-ohjauskortti (kuva 15). Uno on Arduinon valmistamista ohjauskorteista suosituin varsinkin prototyyppien tekemiseen. Valmistajan Nanao ja Megaa käytetään yleisesti enemmän valmiiden tai kaupallistettujen järjestelmien tuottamiseksi. Yksinkertaistaen Nano on ohjauskorteista pienin ja siinä on vähiten liittimiä. Mega sisältää suurimman määrän liittimiä ja pystyy hyödyntämään myös vaihtovirtaa seinäpistokkeesta virran saamiseksi. Uno asettuu laitteistoissa näiden kahden väliin (46).



Kuva 15. Projektissa käytössä ollut Uno-ohjauskortti.

Arduino Uno on uusin Arduinon valmistama ohjauskortti. Unon nimi juontaa juurensa italiasta ja tarkoittaa yhtä. Uno, yhdessä Arduino 1.0:n kanssa, tulee jatkossa olemaan standardi Arduinon ohjainkortteissa. Unossa oleva ATmega328-mikro-ohjain on ohjelmoitu muuttamaan erilaisten kiinnitettyjen komponenttien keräämän tiedon sarjasignaalista USB:n (Universal Serial Bus) kautta luettavaksi digitaaliseksi tiedoksi. Tämä muunnos toimii myös toiseen suuntaan, mikäli esimerkiksi tietokoneesta lähetetyn tiedon halutaan tekevän asioita, joita ohjainkortti ohjaa. (45.)

Unossa on kaikki tarpeellinen mikro-ohjaimen ajamiseen sekä signaalidatan keräämiseen ja käsittelyyn. Unoa pystytään käyttämään myös ulkoisen virtalähteen avulla. Kuuden analogisen sisääntulon lisäksi Unossa on 14 digitaalista sisääntulo / ulostulo -liitintä (i/o pins) (kuva 16). (46.)



Kuva 16. Arduino Unon ensimmäisen version osat (46).

Arduino Unossa olevassa ATmega328-mikro-ohjaimessa on muistia ohjelmille 32 kt ja tämän lisäksi laitteesta löytyy 2 kt dynaamista muistia muuttujille. Mikro-ohjaimen asetusten tallentamiseen on myös 1 kt EEPROM-muistia (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory). Muistin määrä saattaa nykypäivänä tuntua kovin pieneltä, mutta se riittää yllättävän pitkälle. Esimerkiksi projektissa käytettävä sykesensorin ajokoodi käyttää 14 % ohjelmamuistista, 4614 tavua käytössä olevasta 32256 tavusta. Dynaamista muistia samainen ohjelma käyttää 11 % käytössä olevasta 2048 tavusta eli 243 tavua. Ylimääräistä muistia voidaan lisätä myös erinäisillä komponenteilla. (46.)

Arduinon tekemät ohjainkortit voivat toimia pohjana monenlaisille eri projekteille lähtien yksinkertaisesta laitteesta, joka tarkkailee kukkapurkin kosteustilaa ja ilmoittaa, kun on aika kastella kukkia, aina automatisoituun baarimikkorobottiin. Ohjainkorttien moninaisten käyttömahdollisuuksien yhdistäminen osaksi pelisovelluksia mahdollistaisi mielenkiintoisia innovaatioita pelaamisen alalla.

## PulseSensor-sykesensori

Insinööriyöprojektissa käytössä oleva PulseSensor-sykesensori syntyi vuonna 2011 pidetyn onnistuneen kickstarter-kampanjan jälkeen. PulseSensor on avoimen lähteen laitteisto, ja sen valmistaminen saatavilla olevien ohjeiden perusteella on ilmaista (47). Projektia varten PulseSensor-sykesensori valikoitui käytötarkoituksen huomioon ottaen tarpeeksi tarkan mittaustuloksen ansiosta ja koska sitä on helppoa ja yksinkertaista käyttää yhdessä Arduino Uno -ohjainkortin kanssa.

PulseSensor edustaa fotopletysmografista eli optista lähestymistapaa sykkeen mittaamisessa. Sensorin toisella puolella näkyy kaksi osaa: LED-valo ja fotodiodi, joka mittaa valon määrää, joka siihen heijastuu. Varsinaisella komponenttipuolella on elektronisen signaalin vahvistin ja diodi, joka suojaa komponentteja sen varalta, että virran polariteetit menevät väärinpäin. Loput piirilevyn kondensaattorit ja vastukset toimivat häiriösuodattimena, joka poistaa kohinaa signaalista. (48.) (Kuva 17.) Piirilevyssä on kolme liitäntää: signaalille, virralle ja maadoitukselle.

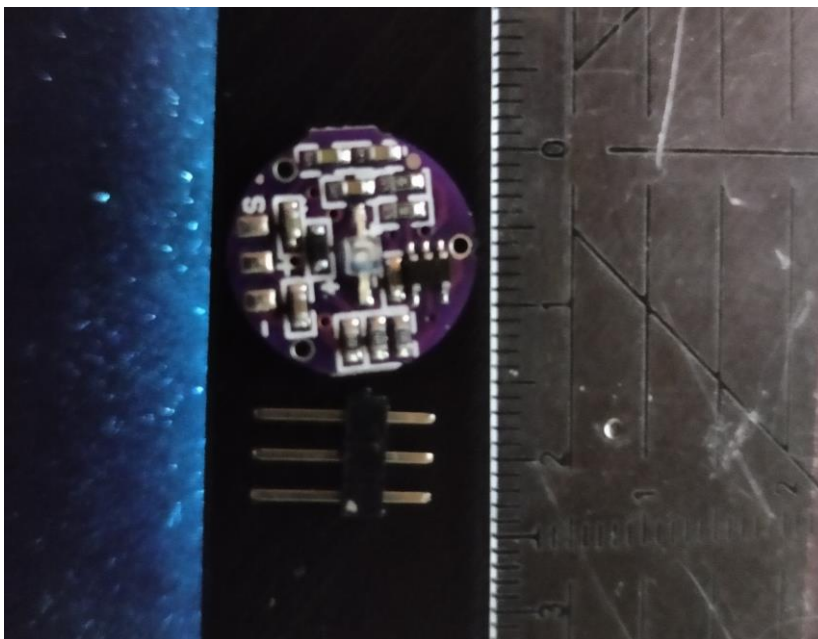


Kuva 17. PulseSensor-sensorin komponentit (48).

## Sykesensorilaitteiston rakentaminen

Sykesensorilaitteiston rakentamista varten tarvittavat komponentit tilattiin internetistä. Uno-ohjainkortti tilattiin Arduinin omasta kaupasta, mutta PulseSensor-komponentin hankkimisessa alun perin säästettiin tilaamalla avoimen

piirikaavion perusteella valmistettu halvempi versio. PulseSensor-komponentin saavuttua todettiin, että sensori oli vain osittain koottu (kuva 18).



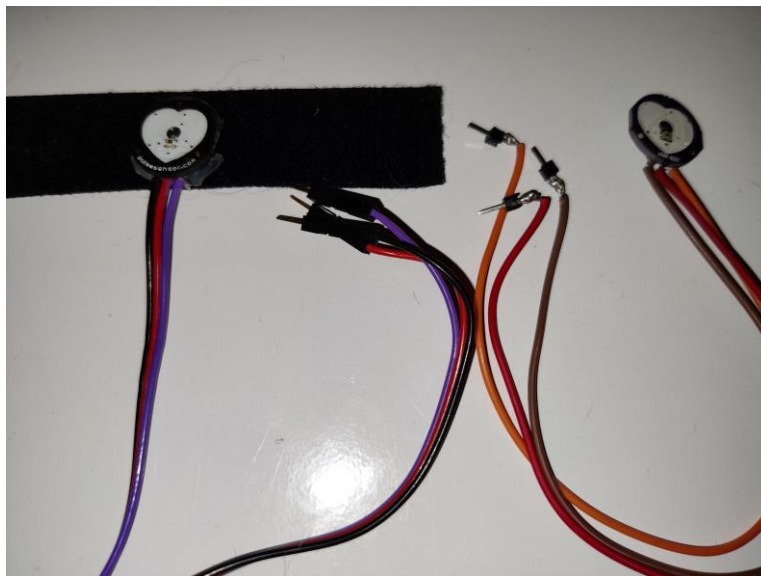
Kuva 18. Piirilevyn komponentit olivat paikoillaan, mutta liittimet täytyi juottaa kiinni.

Piirilevyyn juotettiin kiinni johdot ja liittimet. Sensorin valmistuttua se kiinnitettiin Uno-ohjainkorttiin, jotta päästiin testaamaan järjestelmän toimivuutta valmiin esimerkkiprojektin avulla. Testien yhteydessä välittömästi huomattiin ongelmia sensorin toiminnassa. Sykemittaus antoi testikohteesta riippumatta sykkeeksi 255 lyöntiä minuutissa. Sensoria testattiin niin elollisten kuin elottomienkin asioiden avustuksella, mutta muutosta ei onnistuttu saamaan esimerkkiohjelman koodia muuttamalla.

Tiedonhaun avulla löydettiin tieto, että yleisesti ottaen nämä kolmannen osapuolen valmistamat versiot PulseSensor-komponentista eivät toimi. Eri lähteistä löydetyt kokemuspohjaisen tiedon perusteella arvioitiin, että hyvän onnen sattuessa kohdalle saatettaisiin saada toimiva komponentti ostamalla halvempia malleja. Työn valmistumisen kannalta oli kuitenkin tärkeää saada toimiva sensori ja saada se mahdollisimman nopeasti. Aikarajoituksen ja komponentin

tärkeyden takia päädyttiin tilaamaan valmis sensori suoraan sensorin alkuperäiseltä valmistajalta World Famous Electronicsilta.

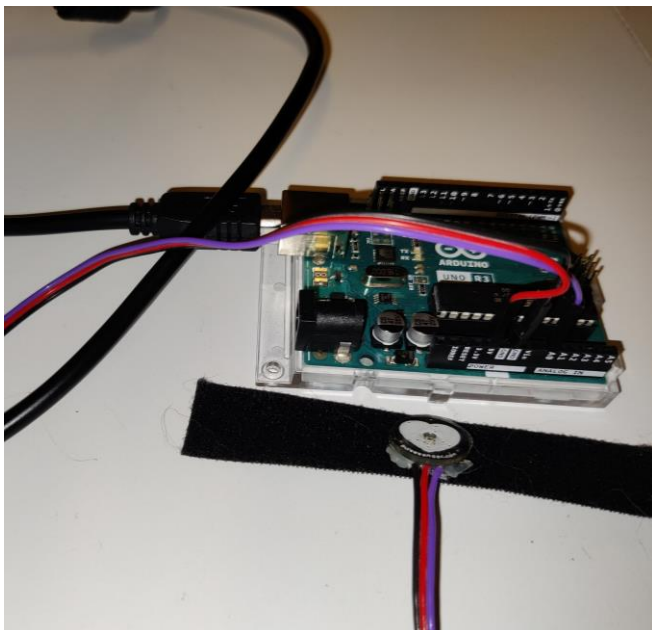
Sensorin toimintaongelmat johtivat lopulta kahden viikon viivästymiseen sykkeenseurannan toimintaan saamisessa. Virallisen PulseSensor-komponentin saapuessa (kuva 19) ja sen toimintaa testatessa todettiin sensorin antavan arvoja, jotka olivat lähellä testihenkilöön kiinnitetyn sykesensorin antamia arvoja.



Kuva 19. Vasemmalla kuvassa virallinen PulseSensor-komponentti ja oikealla aiempi epäkelvo yksilö.

Testien osoittaessa sensorilaitteiston (kuva 20) toimivuuden tarkoitukseen sopivalla tarkkuudella lähdettiin kirjoittamaan ohjaukoodia sykkeenseurannan ajamiseksi. Arduino-ohjainkortit toimivat Arduino Integrated Development Environmentin (IDE) kautta. Arduinon ohjainkortit suorittavat käytännössä C++-kielellä kirjoitettua koodia, mutta kaikki C++-kirjastot eivät kuitenkaan ole käytettävissä yhdessä ohjainkorttien kanssa rajallisen muistin vuoksi. IDE:n kautta pystytään ottamaan käyttöön Arduinon ohjainkortteille kehitettyjä kirjastoja.





Kuva 20. Projektissa käytössä ollut sykesensorilaitteisto.

Projektissa hyödynnettiin koodia kirjoittaessa Joel Murphyn ja Yuri Gitmanin luoma PulseSensor Playground-kirjasto (50). Ohessa koodiesimerkki projektissa olevasta koodista, jossa alustetaan kaikki tarpeellinen itse ohjelman varsinaista suoritusta varten (esimerkkikoodi 1).

```
#define USE_ARDUINO_INTERRUPTS true
#include <PulseSensorPlayground.h>

//AnalogWire = the analog pin the sensor is connected to
const int analogWire = 0;
//The pin for the Arduino LED
const int LED13 = 13;
//Use the threshold value to fine-tune what is counted as a beat
int threshold = 550;

PulseSensorPlayground pulseSensor;

void setup() {

//Setting up port
  Serial.begin(9600);

  pulseSensor.analogInput(analogWire);
  pulseSensor.blinkOnPulse(LED13);
  pulseSensor.setThreshold(threshold);

}
```

Esimerkkikoodi 1. Projektissa käytössä olevaa koodia.

Esimerkkikoodista 1 nähdään, että PulseSensorPlayground-kirjasto on oikeastaan C++-luokka, josta luodaan PulseSensorPlayground-olio. Tämä olio, koodissa pulseSensor, vastaa sitten PulseSensor-komponentin tuottaman analogisen signaalin muuttamisesta kokonaisluvuksi sydämenlyöntejä minuutissa (beats per minute tai BPM). Arduino-ohjainkortit pitävät sisällään loop()-funktion (esimerkkikoodi 2), jota ohjainkortti toistaa käynnissä olemisen ajan sen sisältämän koodin mukaisesti. Unityssa vastaava olisi Update().

```
void loop() {
    int BPM = pulseSensor.getBeatsPerMinute();

    if (pulseSensor.sawStartOfBeat()) {
        Serial.print("B");
        Serial.println(BPM);
    }
}
```

Esimerkkikoodi 2. Projektissa käytettyä koodia Arduino-ohjainkortin ajamiseksi.

Esimerkkikoodi 2 toistaa itseään Arduinon jokaisen päivityksen yhteydessä. Esimerkiksi Arduino Unon päivitystiheys on 16 MHz, mikä tarkoittaa sitä, että esimerkkikoodin 2 koodia ajetaan Unossa 16 miljoonaa kertaa sekunnissa. Mikäli sovellus suorittaisi toimenpiteitä, jotka eivät vaadi yhtä useaa suorituskertaa, voitaisiin ohjelman ajoa hidastaa delay()-funktiotalla, joka ottaa parametrina sen arvon millisekunteinä, kuinka pitkän tauon ohjainkortti pitää koodin suorittamisessa. Toisena mahdollisena keinona on käyttää Arduinon millis()-funktioita, joka palauttaa arvona millisekunnit, jonka ajan ohjainkortti on ajanut ohjelmaa. Tämän avulla voidaan ohjelmoida tätä tietoa hyödyntävä lauseke, joka suorittaa esimerkiksi if()-lausekkeen sisäisen koodin tietyn ajan välein, mikä mahdollistaa muun toiminnallisuuden jatkumisen tämän odotuksen aikana. (49.)

Esimerkkikoodissa 2 voidaan huomata, että ohjelma suorittaa koodia niin nopeasti kuin pystyy ilman odottamisia. Ohjelma keskittyykin ainoastaan sykkeen seuraamiseen, jolloin tällainen ratkaisu on toimiva, vaikkakin pientä, noin 20 millisekunnin odotusta koodin suoritusten välissä suositellaan. Myös ehtolausekkeesta löytyvä sawStartOfBeat()-funktio on hyvä ajaa usein, jolloin sydämen syke ei mene liian usein ohi ohjelmalta. Serial.print() ja Serial.println()

esimerkkikoodissa 2 lähettävät dataa sarjaporttiin USB:n kautta. Sykkeen arvon eteen laitettava B-kirjain on helpottamassa vastaanottavan ohjelman puolella porttiin lähetetyn datan selvittämistä ja sen varmistamista, että luettu arvo on saapunut kokonaisuudessaan perille.

### 4.3 Siedätykseen käytettävän sovelluksen luominen Unityssa

Unity on Unity Technologiesin kehittämä yksi maailman suosituimmista pelimoottoreista. Unity tarjoaa kehittäjille työkalut pelien kehittämiseen, esimerkiksi 3D-renderöimisen, fysiikkamallinnuksen sekä törmäyksentunnistamisen. Tällaisten ominaisuuksien saaminen valmiista pelimoottorista, kuten Unity tai Unreal Engine, tarkoittaa, että kehittäjien ei tarvitse keksiä pyörää uudelleen vaan he voivat keskittyä oman visionsa tuomiseen ruudulle.

#### Pelialueet eli huoneet

Suunnitteluvaiheessa päätettiin jakaa jokainen siedätyksen taso erilliseen huoneeseen, eli käytännössä jokainen tila sovelluksessa on oma pieni kenttensä. Tämän lisäksi suunniteltiin aula, joka toimii päävalikkona, ja lepohuone, jossa käyttäjä voi mitata leposykkeensä sekä totutella virtuaalitodellisuuden turvallisesti tai rauhoittua tasojen välissä. Projektin aikana pelialueista ehtivät valmistua aula, lepohuone ja korkean paikan kammon siedätyksen kolme tasoa.

Aula, joka toimii sovelluksen päävalikkona, on hyvin pelkistetty tila (kuva 21), jossa käyttäjän liikkuminen on poistettu käytöstä. Sovelluksen ollessa päällä käyttäjä seisoo keskellä tilaa ja kykenee ohjaimen osoituksella tekemään valintoja huoneessa olevien painikkeiden avulla. Käyttäjä myös kykenee käynnistämään sykkeenseurantalaitteiston, mikäli hänellä sellainen on käytössä. Kun käyttäjä valitsee pelon, jota hän haluaa siedättää, tulee hänelle seuraava valinta, jossa hän päättää tason, jota hän haluaa yrittää. Vaikeammat tasot aukeavat sitä mukaa, kuin käyttäjä suorittaa aiemman tason.



Kuva 21. Sovelluksen aulatila kuvattuna Unity-editorissa.

Lepuhuone suunniteltiin olemaan rentouttava tila. Lepohuonetta suunnitellessa tiedostettiin, että rentoutumisen elementit ovat yksilöllisiä, ja alkuperäisessä suunnitelmassa tarkoituksena olikin luoda useampi erilainen lepuhuone vastamaan erilaisia rentoutumistarpeita. Toteutuksessa päädyttiin luomaan takka-huone (kuva 22), jossa taustalla kuuluu takkatulen roihu. Käyttäjä pystyy liikku-  
maan tilassa, ja pöydältä löytyy leposykkeen mittauksen aloittava painike.



Kuva 22. Lepohuoneena prototyypissä toimii takka-huone.

Korkean paikan kammon siedätykseen toteutettiin kolme erilaista tasoa. Ensimmäisellä tasolla käyttäjä on huoneessa, jossa on keittiöjakkara. Käyttäjän tulee nousta jakkaralle ja seistä sen päällä 20 sekuntia. Tämän suoritettuaan käyttäjä on suorittanut tason. Toisessa tasossa (kuva 23) pelaaja on huoneessa. Hänen tulee astua huoneesta ulos parvekkeelle ja tarttua kiinni kaiteesta. Kolmannessa huoneessa käyttäjä aloittaa kerrostalon katolta. Hänen tulee ylittää kahden kerrostalon välinen kuilu kulkemalla talojen välissä olevaa lankkua pitkin toiselle puolelle.



Kuva 23. Korkean paikan kammon siedätykseen luotu taso 2. Käyttäjän tulee itse lähestyä parvekkeen kaidetta. Taustalla vuoristomaisema luomassa mielenkiintoa asunnon korkeasta sijainnista.

### Käyttäjähahmo, liikkuminen ja muu toiminnallisuus

Käyttäjän liikkuminen ympäristössä toimii kaukosiirtymisen avulla. Käyttäjällä on näkyvät kädet, jotka seuraavat käyttäjän ohjaimien sijaintia ja asentoa. Hän kykenee tekemään valintoja valikoissa osoittamalla ohjaimella haluamaansa valintaa ja painamalla painiketta ohjaimessa. Käyttäjä pystyy tarttumaan tiettyihin asioihin virtuaalimaailmassa. Alkuperäisestä suunnitelmasta jouduttiin tinkimään isosti toteutuksen aikana.

Näkyvien käsien sijaan alun perin tarkoituksena oli saada käyttäjälle näkyviin koko ruumis, joka seuraisi käyttäjän toimia oikeassa maailmassa. Toteutuksen avuksi otettiin käyttöön Final IK (Inverse Kinematics eli käänteiskinematikka) -lisäosa Unityn Asset Storesta. Toteutuksessa päästiin pisteeseen, jossa käyttäjähahmo seurasi käyttäjän kulkemista huoneessa ja hahmon jalat liikkuvat luontevasti käyttäjän kävellessä. Ongelmaksi muodostui hahmon käsien sitominen käyttäjän ohjainten sijaintiin. Tämän asian säätämiseen kului useita täysiä työpäiviä molemmilta tiimin jäseniltä. Lopulta jouduttiin tekemään vaikea päätös ja karsimaan ominaisuus prototyyppitoteutuksesta, sillä koettiin käsien sijaintiongelmiensa tekevän enemmän haittaa käyttäjän immersiolle kuin kehon puuttuminen.

Kehon puutteen takia lineaarinen liikkuminen tuotti testikäyttäjissä voimakasta pahoinvointia lähes välittömästi testin aloittamisen jälkeen. Ongelman ratkaisemiseksi siirryttiin käyttämään kaukosiirtymistä liikkumiseen. Tämä oli iso haitta kuitenkin käyttäjän kokemalle immersiolle tilanteissa, mutta käyttökokemuksen vuoksi pahoinvoinnin minimointi oli tärkeämpää.

Käyttäjän tietojen tallentaminen luotiin projektiin onnistuneesti. Prototyypissä käytetään vielä tiedostoon kirjoittamista, mikä ei vielä ole hyvä käytäntö käyttäjätietojen säilyttämiseksi. Käyttäjätiedoille omistettu luokka pitää sovelluksen aikana kirjaa käyttäjän syketiedoista ja tehdyistä tasoista. Nämä tiedot myös tallennetaan tiedostoon, jotta käyttäjän ei esimerkiksi joka käynnistyksen yhteydessä tarvitse mitata omaa leposykettään ja suoritusten keskiarvosykkeet pysyvät tallessa.

Monille ominaisuuksille, kuten kehon lisäämiseen hahmolle, löytyy kuitenkin pohja projektista jatkokehitystä varten. Vielä kuitenkin on matkaa sovelluksen saattamisessa kuntoon, että siihen pystytään lisäämään helposti siedätyshoitoja tarpeiden mukaisesti.

## Sykedatan hyödyntäminen Unity-sovelluksessa

Pelkästään Arduino-ohjainkortissa toimiva koodi ei riittänyt sykkeenseurantaan sovelluksessa. Unityn puolelle koodattiin luokka, joka vastaa sykedatan lukemisesta portista ja sen tallentamisesta käyttäjän tietoihin. Tätä varten luodaan ConnectHRM-luokasta instanssi, joka seuraa käyttäjää alkuruudusta asti. ConnectHRM-oliolla on tiedossa SerialPort, johon määritettiin vastaavat tiedot ohjainkortin käyttämän portin kanssa (esimerkkikoodi 3).

```
public static ConnectHRM instance;
public SerialPort sp = new SerialPort("COM4", 9600);
public volatile int HR = -1;
public int averageHR;
public List<int> hrs;

private void Awake()
{
    if (instance != null && instance != this)
    {
        Destroy(this.gameObject);
        return;
    }
    instance = this;
    DontDestroyOnLoad(gameObject);

    ConnectHRM.instance.enabled = false;
}

private void Start()
{
    sp.Open();
    sp.ReadTimeout = 1000;
}
```

**Esimerkkikoodi 3.** Valmistellaan sykkeenseurantaoliota Unityn puolella koodissa.

Sykkeeseen mittaamiseksi kirjoitettiin kaksi funktiota: toinen keräämään leposykkeen ja toinen keräämään sykettä siedätyshoidon huoneissa. Seuraavaksi käydään ensiksi läpi leposykkeen mittaukseen käytettyä koodia. Sykkeeseen mittaamiseen käytetään coroutineia eli vuorottaisrutiinia, jonka avulla sykkeenmittaus ei pysäytä peliä ympäriltä. Vuorottaisrutiini vapauttaa koodin jatkamaan muita vuorossa olevia tehtäviä ja jatkaa suoritusta seuraavan päivityksen yhteydessä.

Ensimmäisenä tyhjennetään porttiin kertynyt data. Näin varmistutaan siitä, että luettu data on varmasti tuoretta. Tämä toteutetaan `DiscardOutBuffer()`- ja `DiscardInBuffer()`-funktioilla. Tämän jälkeen vangitaan vuorottaisrutiini keräämään sykedataa sillä aikaa kun (`while`) -lausekkeella. Sovellus lukee portista löytyvää datavirtaa, ja mikäli luettu tieto alkaa kirjaimella B, tiedetään, että kyseessä on syketiedon alku (esimerkkikoodi 4). Luetusta merkkijonosta poistetaan alussa oleva kirjain ja merkkijono muunnetaan kokonaisluvuksi. Luku tallennetaan tämän jälkeen listaan. Tätä toistetaan jokaisen sovelluksen päivittymisen yhteydessä, kunnes listassa on 20 sykettä. Tämä vapauttaa sovelluksen vuorottaisrutiinista ja ohjelma asettaa käyttäjätietoihin leposykkeen.

```

public IEnumerator restingHR()
{
    //Flush the data from port buffer
    sp.DiscardOutBuffer();
    sp.DiscardInBuffer();

    //Trap the IEnumerator into a while function until enough data
    collected for average heartrate calculation.
    while (hrs.Count < 20)
    {
        //Read data from port. Check for letter "B" in start to
        signal the start of heart rate info. Parse into int and add to list.
        string value = sp.ReadLine();
        if (value.StartsWith("B"))
        {
            string newValue = value.TrimStart('B');
            HR = int.Parse(newValue);
            hrs.Add(HR);
            Debug.Log(HR);
        }
        //Flush the buffer again to get new data after waiting for
1 second.
        sp.DiscardOutBuffer();
        sp.DiscardInBuffer();
        Debug.Log("Number of items in list: " + hrs.Count);
        yield return new WaitForSeconds(1f);
    }

    setAvgHR();
    UserData.instance.getRestingHR();
    countResting = true;
    restingHRcountingFinished = true;
}

```

**Esimerkkikoodi 4. Leposykkeen mittaukseen käytetty koodi.**



Siedätyshuoneissa sykettä mitattiin vastaavanlaisella koodilla (esimerkkikoodi 5). Erona leposykkeen mittaukseen oli se, että mittaustuloksia ei rajoitettu tiettyyn määrään ja sykkeen noustessa varoarvon yläpuolelle automaattisesti käynnistetään paniikinappula, joka latasi käyttäjän lepoahuoneeseen rauhoittumaan. Tämän lisäksi mittauksen pysäyttäminen ja keskiarvon laskeminen tapahtui eri luokan funktiossa, joka käynnistyy huoneen ollessa suoritettu.

```
public IEnumerator collectHeartRate()
{
    setCollecting();
    while (startCollecting)
    {

        string value = sp.ReadLine();
        if (value.StartsWith("B"))
        {

            string newValue = value.TrimStart('B');
            HR = int.Parse(newValue);
            hrs.Add(HR);

            if (UserData.instance.panicHR < HR)
            {
                setCollecting();
                SceneLoader.instance.LoadScene("Lepoahuone");
            }

            Debug.Log(HR);

        }
        sp.DiscardOutBuffer();
        sp.DiscardInBuffer();

        yield return new WaitForSeconds(1f);
    }
}
```

Esimerkkikoodi 5. Sykkeen kerääminen siedätyshoituhuoneissa.

Siedätyshoituhuoneisiin luotiin erillinen olio, jonka vastuulla oli hoitaa sykkeenkeräyksen aloittaminen, sen lopettaminen ja käyttäjälle käyttökerran keskiarvosykkeen näyttäminen. Tämän lisäksi olion vastuulla oli käynnistää UserData-instanssista tiedon tallentaminen oikeaan listaan. Oikean listan valinta hoidettiin switch – case -lausekkeella.

Timorem Tolerantia-siedätyshoitosovellus

Sovelluskehitykselle varatun ajan tultua täyteen jouduttiin myöntämään, että alkuperäisistä tavoitteista jäätin. Kuitenkin sovellukselle saatiin valmistettua hyvä pohja, jonka varaan voidaan mahdollisesti rakentaa. Lopullinen insinööriyötä varten valmistettu prototyyppi piti sisällään kolme siedätystasoa korkean paikan kammolle, toimivan sykkeenseurannan ja sen, että käyttäjä pystyi liikkumaan virtuaalitodellisuudessa kaukosiirtymällä.

Kaiken sovelluksessa näkyvän lisäksi taustalle kehitettiin toiminnallisuutta, jota ei ehditty ottamaan käyttöön. Tämän valmiiksi tehdyn pohjan päälle pystytään rakentamaan lopullisempaa versiota sovelluksesta tulevaisuudessa.

Sykkeenseurannan osalta toiminnallisuus on vankalla pohjalla, mutta hienosäätämiseksi kuitenkin jäi tilaa. Sykeseurantalaitteiston prototyyppi myös osoittautui toimivaksi. Sen varaan pystytään tarvittaessa rakentamaan edullisemmin ratkaisuja, joiden ei tarvitse olla fyysisen yhteyden päässä tietokoneesta, mikä osoittautui prototyypin selkeästi heikoimmaksi piirteeksi. Sovelluspuolella mittaus saatiin toimimaan ongelmitta (kuva 24).



Kuva 24. Sovelluksen käynnissä ollessa pystytään mittaamaan käyttäjän leposyke. Testitilanteen tuoman jännittyneisyyden pystyy näkemään sykkeen keskiarvosta.

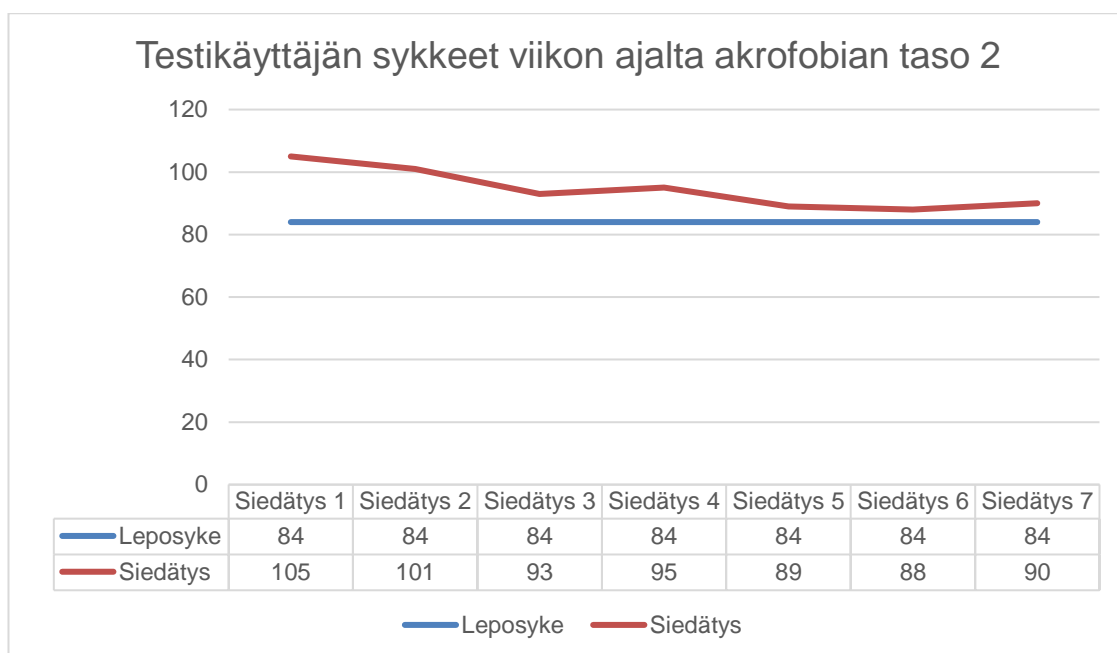
Testien aikana sykettä mitattiin sovelluksen kautta tapahtuneen sykkeenseurannan lisäksi ulkoisella kolmannen osapuolen sensorilla. Tulosten erotus jäi keskiarvoerotukseltaan 3,6 lyönnin päähän ulkoisen sensorin tuloksista. Tämän katsottiin olevan tarpeeksi tarkka tulos käyttötarkoitukseen nähden, vaikka lääketieteelliseen käyttöön rakennettua sykesensorilaitteistoa ei voitaisi käyttää.

## **5 Tuloksia ja tulevaisuudennäkymiä**

### **5.1 Virtuaalitodellisuuta hyödyntävä siedätyssovellus**

Mielenterveysalalta olevan yhteistyökumppanin puute ja sovelluskehityksen aikaiset ongelmat johtivat tilanteeseen, että varsinaista toimivuutta siedätyksessä ei voitu lähteä tutkimaan pieniä lähipiirin sisäisiä testejä lukuun ottamatta.

Otetaan esiin testihenkilö, joka ehti testaamaan keskeneräistä sovellusta viikon ajan kerran päivässä. Testi toteutettiin korkean paikan kammon siedätystasolla kaksi. Testihenkilöltä mitattiin ensiksi sovelluksessa leposyke. Tämän jälkeen testihenkilö kävi ensiksi läpi ensimmäisen tason. Testihenkilön korkean paikan kammo ei ollut pahimmasta päästä, jolloin ensimmäinen taso ei haastattelun perusteella tuntunut pahalta. Tasolle kaksi päästyään testihenkilö kävi kyseisen tason läpi kerran päivässä viikon ajan. Hänen keskiarvosykkeensä suorituksen aikana mitattiin (kuva 25).



Kuva 25. Testikäyttäjän keskiarvosyke tason suorituksen aikana seitsemän päivän ajalta.

Viikon aikana testihenkilön syketasot laskivat suorituksen aikana ja haastattelujen perusteella testihenkilön ahdistuneisuus tilannetta kohtaan väheni. Pienen otannan ja lyhyen testijakson perusteella ei voida kuitenkaan tehdä luotettavia johtopäätöksiä sovelluksen toimivuudesta. Syketasojen lasku voi johtua monista asioista eikä pelkästään testihenkilön pelon lieventymisestä. Yksi mahdollinen syy syketasojen laskulle viikon testijakson ajalla voi olla esimerkiksi käyttäjän tottuminen sovelluksen käyttämiseen ja sykkeen mittaukseen. Testihenkilö kuitenkin koki testauksesta olleen hieman apua.

Sovellusta testanneilta henkilöiltä pyydettiin palautetta myös sovelluksesta. Pääasiallinen palaute oli positiivista, ja puutoksista tehtiin listaus sovelluksen mahdollista jatkokehitystä varten. Toiminnallisuuksia, joita kaivattiin sovellukseen, olivat keho käyttäjälle sekä lineaarisen liikkumisen mahdollisuus. Monia ominaisuuksia täytyisi myös hioa mahdollisen jatkokehityksen aikana.

Sykkeenseurannan puolella ei havaittu testijakson aikana suurempia ongelmia. Yllättävät sykepiikit, jotka johtuivat sensorin liikkeestä mittauksen aikana, ovat

tiedostettuja heikkouksia optista sensoria hyödyntävän sykkeenseurannan käytössä.

Kehitystiimin jäsenillä on myös intoa lähteä jatkokehittämään sovellusta. Yhteistyössä mielenterveysalan ammattilaisen kanssa jatkokehitetty sovellus voisi olla mahdollista myös julkaista yksityiskäyttöön, mutta varsinkin tämä vaatisi laajoja tutkimuksia, sillä väärin toteutettu siedätys voi olla potilaan kannalta haitallista pelkojen pahentuessa tai mahdollisen paniikkikohtauksen takia loukkaantumisessa. Siedätystä tukeva sovellus kuitenkin voisi olla myös kaupallinen menestys lievemmistä pelkotiloista kärsivien kuluttajien keskuudessa, mutta tätä varten täytyisi tehdä markkinatutkimusta aiheesta.

Jos kehitystä jatketaan, suunta olisi hyvin tiedossa, koska nykyisestä versiosta ominaisuuksia jätettiin pois. Prototyypin valmistumisen jälkeen olisi myös helpompi löytää mahdollisia yhteistyökumppaneita.

## 5.2 Sykkeenseurannan ja pelisovelluksen yhdistämisen mahdollisuudet

Pelisovellukseen liitettävän sykkeenseurannan mahdollisuuksissa vain mielikuvi- tus on rajana: kauhupeli, joka lisää painostusta pelaajan ollessa liian rauhalli- nen tai toimintapeli, jossa aseella tähtääminen vaikeutuu korkeamman sykkeen myötä.

Isoimpana ongelmana sykkeenseurannan lisäämiselle pelin olisi saada pelaajat hyväksymään ylimääräisen lisälaitteen ostaminen. Tätä voitaisiin auttaa kirjoitta- malla pelimoottorin lisäosa, jonka avulla pystyttäisiin hyödyntämään jo pelaajien käytössä olevia sykkeenseurantalaitteistoja. Kuten tämän projektin parissa työ- kennellessä opittiin, tämä ei ole kuitenkaan aivan yksinkertaista. Jokaisen val- mistajan käytännöt laitteiden lähettämälle datalle vaihtelevat enemmän tai vä- hemmän. Tämän vuoksi toimivan järjestelmän luominen olisi hankalaa ja voisi aiheuttaa pelaajissa enemmän turhautumista, mikäli oma sykesensori ei ole- kaan yhteensopiva.

Kuitenkaan oman akulla toimivan sykesensorin rakentaminen ei ole mahdoton toteuttaa. Valmistuskulujen suhteen markkinoiden avautuessa ja tuotannon määrän noustessa voitaisiin päästä tilanteeseen, jolloin pelaamiseen suunnitellun sykesensorin valmistus ja myyntihinta saataisiin sellaiselle tasolle, että tuote menisi kaupaksi. Ennen tätä jouduttaisiin olemaan vastaavassa tilanteessa kuin virtuaalitodellisuusperhaiset pelit olivat ennen laitekannan lisääntymistä. Pelien kehittäminen sykkeenseuranta mielessä ei olisi kannattavaa, kunnes laitekanta lisääntyisi sellaiseen määrään, että myynti olisi kannattavaa.

Tuotteen markkinoimiseksi striimaajien hyödyntäminen olisi yksi mahdollinen vaihtoehto. Markkinointia varten luotaisiin kauhupeli, joka toimitettaisiin yhdessä sykesensorin kanssa joukolle tunnettuja sisällöntuottajia. Tätä kautta tuote olisi mahdollista saada kuluttajien tietoisuuteen. Hauskalta näyttävä sisältö voisi herättää ihmisissä ostohaluja.

Kauhupelin yhteydessä voitaisiin kytkeä peliin portteja, joiden kohdalla tarkistettaisiin pelaajan sykettä. Tämän sykelukeman tuloksen perusteella tehdään päätös pelaajan säikäyttämistä tai yhä kasvavan kauhuntunteen luomisesta pelaajalle. Mitä useampi portti käytävässä on, sitä enemmän uudelleen pelattavuutta voidaan pelille saada. Pitkän korkean sykkeen jälkeen voidaan myös aiheuttaa pelaajalle hallusinaatioita tapahtumista, jotka eivät kuitenkaan ole vaarallisia, vaikka saattavat vaikuttaa siltä.

Toinen mahdollinen käyttötarkoitus on pelaajan korkean sykkeen aiheuttama ääni, joka saa vihollisen tutkimaan lähemmin aluetta, jolla pelaaja on piilossa. Yhdistettynä mahdolliseen äänisensoriin, joka tietyn äänitason ylittyessä lähettää tiedon tästä pelille, voidaan saada pelaajan oikean elämän tekemiset osaksi peliä.

Sykesensorille voitaisiin myös luoda sovellus, jonka avulla esimerkiksi striimaajat voisivat näyttää sykkeensä näytöllä pelatessaan mitä vain. Tällaiselle löytyy kuitenkin useampi ratkaisu jo tällä hetkellä. Toinen mahdollinen käyttötarkoitus teknologialle olisi suhteellisen halpa ratkaisu pienemmille kehitystiimeille ulkopuolisten pelitestailujen aikana kerätylle tiedolle pelaajan tuntemuksista.

Vastaavaa teknologiaa on käytössä jo isommissa pelistudioissa testien aikana, varsinkin kun luodaan peliä, jolle pelaajan jännittyneeksi saaminen on tärkeää, esimerkiksi kauhupelissä.

Itse laitteen kehittämisen tärkeinä seuraavina askelina olisi saada sykeseurantalaitteistosta langaton. Tämän onnistumiseksi täytyisi laitteeseen saada liitettyä akku tai muu virtalähde, kuten paristo. Bluetooth-lähtetimen hyödyntäminen tiedon siirtämisessä olisi yksi ratkaisu, jonka toimiminen laitteiston kanssa täytyisi tutkia.

## 6 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoituksena oli luoda siedätyshoitoon soveltuva virtuaalitodellisuussovellus Unity-pelimootorilla. Kunnianhimoisen projektin lyhyt kehitysaika opetti päästämään irti ominaisuuksista, jotka eivät olleet aivan pakollisia toimivuuden kannalta. Ominaisuuksia jouduttiin karsimaan iso määrä kehityksen aikana. Sykkeenseurannan osalta päästiin kuitenkin kaikkiin prototyypille asetettuihin tavoitteisiin.

Insinööriyön aikana sovellus saatiin sellaiseen kuntoon, että pystyttiin suorittamaan rajoitettua testausta. Pienen otannan jälkeen saadut tulokset kertovat, että sovelluksella olisi potentiaalia, josta kaiken hyödyn saaminen vaatii kuitenkin jatkokehitystä. Varsinaisia päätelmiä sovelluksen toimivuudesta siedätyksessä ei voida tehdä puuttuvan asiantuntemuksen vuoksi, mutta aiempien tähän työhön liittymättömien tutkimusten perusteella virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen siedätyksessä on ollut toimivaa. Tämä tieto ja luvussa 5.1 mainitun testihenkilön kokemukset pelon kohtaamisesta virtuaalitodellisuudessa antavat kuitenkin varovaisen optimistisen käsityksen projektin mahdollisuuksista.

Testien antamat niukat tiedot sovelluksen toimivuudesta suunnitellussa käyttötarkoituksessa vahvistavat, että projektia ei kannata jättää tähän. Jatkoa varten kehitystiimin molemmat jäsenet ovat osoittaneet kiinnostusta projektin jatkamiseen. Prototyypin valmistuminen on kuitenkin vasta ensimmäinen vaihe projektin kannalta. Toimivuuden todelliseen tutkimiseen tarvitaan

mielenterveydenhoidon puolelta yhteistyökumppani, joka hoitaisi varsinaisen sovelluksen hyödyntämisen tutkimisen.

Myös sykkeenseurantalaitteiston jatkokehittäminen on ajankohtaista, jos kehitys jatkuu. Isoksi haittapuoleksi muodostui laitteiston johtojen pituuden vuoksi lyhyt liikkumatila testauksen aikana. Toiminnallisuuden puolelta kuitenkin ominaisuudet toimivat, mutta jatkokehityksessä koodin sulavuutta voidaan tarvittaessa tutkia uudelleen.

Projektia työstäessä juuri sykkeenseurantalaitteiston saaminen osaksi pelisovellusta oli suurin yksittäinen opittu asia. Projektia työstäessä aiheesta opitut asiat voivat tulevaisuudessa olla tärkeitä, mikäli joskus tullaan työskentelemään projektin parissa, joka hyödyntää ulkopuolista laitteistoa yhdessä pelisovelluksen kanssa. Porttien kanssa toimiminen tulikin projektin parissa työskennellessä tutuksi. Tämän lisäksi virtuaalitodellisuus pohjaisen pelisovelluksen kehittäminen tuli tutummaksi ja oli kehittäjätiimille ensikosketus aiheeseen Unity-pelimoottorin puolella.

Alkuperäisistä tavoitteista jäämisestä huolimatta työn valmistuessa jäi tiimille onnistumisen tunne päällimmäiseksi. Kuitenkin omien testien myötä varsinkin pahoinvoinnin vähentämisessä olisi työstettävää. Korkean paikan kammon siedätykseen luodut kentät myös omien testailujen perusteella tuottivat sopivasti tuntumaa korkean paikan kohtaamisesta. Omakohtaisen testauksen jälkeen jäi olo, että sovelluksesta voisi olla hyötyä oman korkean paikan kammon hoitamisessa. Molemmat jäsenet kuitenkin halusivat saavuttaa enemmän. Kiinnostusta ja potentiaalia jatkokehitykseen siis on.



## Lähteet

- 1 Kessedjian, Alan & Mir, Faisal. 2020. Encyclopedia of Behavioral Medicine. E-kirja. Springer Nature Switzerland.
- 2 Padhi, Deepak Ranjan & Katoch, Sugandha. 2021. How Real is Virtual reality – An immersion, interaction, and Embodiedness Study. Design for Tomorrow – Volume 2. Smart Innovation, Systems and Technologies, Vol 222, s. 805-817.
- 3 Hippokrates. 2010. Of the Epidemics. E-kirja. Kessinger Publishing.
- 4 Korgeski, Greg. 2012. The History of Phobias. Verkkoaineisto. High Performance Self-help. <<https://hiperfdiy.wordpress.com/2012/05/28/the-history-of-phobias/>>. 28.5.2012. Luettu 11.10.2022.
- 5 Cherry, Kendra. 2022. Sigmund Freud's Life, Theories, and Influence. Verkkoaineisto. Verywell mind. <<https://www.verywellmind.com/sigmund-freud-his-life-work-and-theories-2795860>>. 15.8.2022. Luettu 11.10.2022.
- 6 Diagnostic and statistical manual of mental disorders. 2013. Fifth Edition. American Psychiatric Association.
- 7 Phobias by Age and Gender. 2019. Verkkoaineisto. FEAROF.net. <<https://www.fearof.net/wp-content/uploads/2019/10/fearof-study-phobias-age-gender.png>>. Luettu 12.10.2022.
- 8 Phobias. Verkkoaineisto. Mental Health America. <<https://mhanational.org/conditions/phobias>>. Luettu 11.10.2022.
- 9 Fobia. Verkkoaineisto. Terveystalo. <<https://www.terveystalo.com/fi/tietopaketti/fobia/#Mist%c3%a4%20fobiat%20johtuvat%20ja%20miten%20ne%20kehittyv%c3%a4t?>>. Luettu 11.10.2022.
- 10 Ankrom, Sheryl. 2020. Systematic Desensitization for Panic disorders. Verkkoaineisto. Verywell mind. <<https://www.verywellmind.com/systematic-desensitization-2584317>>. Luettu 12.10.2022.
- 11 O'Donohue, W. T.; Henderson, D.; Hayes, S. C.; Fisher, J. & Hayes, L. J. 2001. A History of the Behavioral Therapies: Founders' Personal Histories. E-kirja. Context Press.
- 12 McLeod, S. A. 2015. Systematic desensitization as a counter conditioning process. Verkkoaineisto. Simply Psychology. <[www.simplypsychology.org/Systematic-Desensitisation.html](http://www.simplypsychology.org/Systematic-Desensitisation.html)>. Luettu 12.10.2022.

- 13 Fear Hierarchy. 2015. Verkkoaineisto. Simply Psychology. <<https://www.simplypsychology.org/fear-hierarchy.jpg>>. Luettu 12.10.2022.
- 14 What to Know About Systematic Desensitization. 2020. Verkkoaineisto. WebMD. <<https://www.webmd.com/anxiety-panic/what-to-know-systematic-desensitization-therapy>>. Luettu 12.10.2022.
- 15 Ashley, E. A. & Niebauer, J. 2004. Cardiology Explained. E-kirja. London: Remedica.
- 16 EKG eli Sydänfilmi. Verkkoaineisto. Terveystalo. <<https://www.terveystalo.com/fi/tietopaketti/ekg-sydanfilmi/#EKG%20%e2%88%92%20mit%c3%a4%20kaikkea%20sen%20avulla%20tutkitaan?>>>. Luettu 12.10.2022.
- 17 Salam, Amar. 2019. The invention of electrocardiography machine. Heart views, Vol. 20(4), s. 181-183.
- 18 String Galvanometer. 2019. Verkkoaineisto. National Library of Medicine <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6881865/bin/HV-20-181-g003.jpg>>. Luettu 12.10.2022.
- 19 First Electrocardiogram Recorded by String Galvanometer. 2019. Verkkoaineisto. National Library of Medicine <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6881865/bin/HV-20-181-g004.jpg>>. Luettu 13.10.2022.
- 20 Kamshilin, Alexei A. & Margaryants, Nikita B. 2017. Origin of Photoplethysmographic Waveform at Green Light. Physics Procedia, Vol. 86, s. 72-80.
- 21 Toshiyo, Tamura; Maeda, Yuka; Sekine, Masaki & Yoshida, Masaki. 2014. Wearable Photoplethysmographic Sensors—Past and Present. Electronics 3, Vol. 2, s. 282-302.
- 22 Park, Sungjun. 2021. Photoplethysmography Sensors. Verkkoaineisto. Scholarly Community Encyclopedia. <<https://encyclopedia.pub/entry/9068>>. 27.4.2021. Luettu 13.10.2022.
- 23 Virtual Reality. Verkkoaineisto. Merriam-Webster. <<https://www.merriam-webster.com/dictionary/virtual%20reality>>. Luettu 14.10.2022.
- 24 History of Virtual Reality. Verkkoaineisto. Virtual Reality Society. <<https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html>>. Luettu 15.10.2022.
- 25 Tuominen, Arttu. 2021. Virtuaalidellisuuden historiaa. Verkkoaineisto. Osaava Tredu. <<https://osaava.tredu.fi/2021/06/21/virtuaalidellisuuden-historiaa/>>. 21.6.2021. Luettu 15.10.2022.

- 26 Wheatstone, Charles. 1838. XVIII. Contributions to the physiology of vision. Part the first. On some remarkable, and hitherto unobserved, phenomena of binocular vision. Philosophical transactions of the Royal Society of London, Vol. 128, s. 371-394.
- 27 View-Master. Verkkoaineisto. Museum of Teaching and Learning. <<https://www.motal.org/view-master.html>>. Luettu 15.10.2022.
- 28 View-Master. Verkkoaineisto. Do You Remember? <<https://www.doyouremember.co.uk/uploads/raw-1328272073-595x417-resize.jpg>>. Luettu 14.10.2022.
- 29 Heilig, Morton. 1962. Sensorama main Black White. Verkkoaineisto. Engadget <<https://o.aolcdn.com/hss/storage/adam/a06ee55ce5a6ed1a74fdb8632b1d8ee7/sensorama-main-bw.jpg>>. Luettu 15.10.2022.
- 30 Turi, Jon. 2014. The sights and scents of the Sensorama Simulator. Verkkoaineisto. <<https://www.engadget.com/2014-02-16-morton-heiligs-sensorama-simulator.html>>. 16.2.2014. Luettu 15.10.2022.
- 31 Sutherland, Ivan E. 1965. The Ultimate Display. Proceedings of IFIP Congress, 1965, s. 506-508.
- 32 Forsythe, Jack. History of Virtual Reality and What the Future Holds. Verkkoaineisto. Glove One VR.i <<https://www.gloveonevr.com/history-of-virtual-reality/>>. Luettu 15.10.2022.
- 33 Sutherland, Ivan E. 1968. The sword of Damocles. Verkkoaineisto. Osaava Tredu. <<https://osaava.tredu.fi/wp-content/uploads/2021/07/Damokleen-miekka.jpg>>. Luettu 15.10.2022.
- 34 VR-1. Verkkoaineisto. Sega Retro. <<https://segaretro.org/VR-1/>>. Luettu 15.10.2022.
- 35 Nintendo Virtual Boy. Verkkoaineisto. Centre for computing history. <<http://www.computinghistory.org.uk/det/4595/Nintendo-Virtual-Boy/>>. Luettu 15.10.2022.
- 36 Barnard, Dom. 2022. History of VR – Timeline of Events and Tech Development. Verkkoaineisto. Virtual Speech. <<https://virtualspeech.com/blog/history-of-vr>>. Luettu 15.10.2022.
- 37 How do common virtual reality tracking systems work? Verkkoaineisto. Mechatech. <<https://www.mechatech.co.uk/journal/how-do-common-virtual-reality-tracking-systems-work>>. Luettu 16.10.2022.

- 38 Lang, Peter J., & Lazovik, David. 1964. The Experimental Desensitization of a Phobia. E-kirja. Elsevier Science & Technology.
- 39 Capafóns, J. I.; Sosa, C. D. & Viña, C. M. 1999. A reattributorial training program as a therapeutic strategy for fear of flying. Journal of behavior therapy and experimental psychiatry, Vol. 30(4), s. 259-272.
- 40 Anderson, P. L.; Rothbaum, B. O. & Hodges, L. 2001. Virtual reality: Using the virtual world to improve quality of life in the real world. Bulletin of the Menninger Clinic, Vol 65(1), s. 78-91.
- 41 Rothbaum, B. O.; Hodges, L. F.; Kooper, R.; Opdyke, D.; Williford, J. S. & North, M. 1995. Virtual reality graded exposure in the treatment of acrophobia: A case report. Behavior therapy, Vol. 26(3), s. 547-554.
- 42 Rothbaum, B. O.; Hodges, L. & Smith, S. 1999. Virtual reality exposure therapy abbreviated treatment manual: Fear of flying application. Cognitive and behavioral practice, Vol 6(3), s. 234-244.
- 43 Botella, C.; Fernández-Álvarez, J.; Guillén, V., García-Palacios, A. & Baños, R. 2017. Recent Progress in Virtual Reality Exposure Therapy for Phobias: A Systematic Review. Current psychiatry reports, Vol. 19(7), s. 42.
- 44 PulseSensor. Verkkoaineisto. PulseSensor. <<https://pulsesensor.com/>>. Luettu 19.10.2022.
- 45 What is Arduino? Verkkoaineisto. Arduino. <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Luettu 19.10.2022.
- 46 Fahad, Engr. 2020. Arduino Uno vs Nano vs Mega, Pinout, and Technical Specifications. Verkkoaineisto. Electronic Clinic. <<https://www.electronicclinic.com/arduino-uno-vs-nano-vs-mega-pinout-and-technical-specifications/>>. 25.7.2020. Luettu 19.10.2022.
- 47 PulseSensor. Verkkoaineisto. PulseSensor. <<https://pulsesensor.com>>. Luettu 20.11.2022.
- 48 Das, Debashis. 2022. How Does the Pulse Sensor Work and how to Interface it with Arduino? Verkkoaineisto. Circuit Digest. <<https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/interfacing-pulse-sensor-with-arduino>>. 10.5.2022. Luettu 20.10.2022.
- 49 millis(). Verkkoaineisto. Arduino. <<https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/time/millis/>>. Luettu 21.10.2022.

- 50 Gitman, Yuri & Murphy, Joel. PulseSensorPlayground. Verkkoaineisto. <<https://github.com/WorldFamousElectronics>>. Luettu 20.11.2022.