



Mikhail Deriabin

# Ilmanlaatuanturin mobiilisovelluksen käyttöliittymän uudelleensuunnittelu ja laadinta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tieto- ja viestintätekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

28.3.2024

# Tiivistelmä

Tekijä:	Mikhail Deriabin
Otsikko:	Ilmanlaatuanturin mobiilisovelluksen käyttöliittymän uudelleensuunnittelu ja laadinta
Sivumäärä:	45 sivua
Aika:	23.3.2024
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Tieto- ja viestintätekniikka
Ammatillinen pääaine:	Ohjelmistotuotanto
Ohjaajat:	Lehtori Vesa Ollikainen

---

Tämän työn tavoitteena oli perehdyttää lukija mobiilisovellusten käyttöliittymäsuunnitteluun sekä selvittää sen parhaat ja yleisimmät virheet. Kerätty teoria sovellettiin käytäntöön suunnittelemalla uudelleen MegaSense-yrityksen ilmanlaatuanturilaitteen mobiilisovellus ja toteuttamalla uusi sovellus vanhan tilalle.

Työn teoriaosiossa kiinnitettiin erityistä huomiota Nielsenin heuristiikkoihin ja visuaalisen suunnittelun yleisiin tekniikoihin. Tämä teoria mahdollistaa käyttöliittymien suunnittelun parantamisen käytettävyyden kannalta ja sovelluksen käytön tehostamisen käyttäjille.

Työn motivaationa oli MegaSense-yrityksen ilmanlaatuanturisovellus, jonka käyttöliittymässä oli havaittu ongelmia käyttäjäpalautteiden perusteella. Uuden sovelluksen toteutuksessa keskityttiin ensisijaisesti käyttöliittymän yksinkertaistamiseen ja intuitiivisuuden lisäämiseen. Tämä saavutettiin uudistamalla sovelluksen navigaatiota, parantamalla näkymien ja prosessien tilojen näkevyyttä sekä tehostamalla käyttäjäohjeistusta.

Työ osoittaa, kuinka käyttöliittymäsuunnittelun hyviä käytäntöjä voidaan hyödyntää käytännössä. Työ näyttää konkreettisesti, miten Nielsenin heuristiikat ja visuaaliset tekniikat auttavat tunnistamaan mahdolliset ongelmakohdat tai epäselvyydet käyttöliittymässä jo suunnitteluvaiheessa ennen sovelluksen varsinaista toteutusta, mikä vähentää tarvetta korjata nämä ongelmat sovelluksen uusissa versioissa.

Avainsanat: käyttöliittymä, käyttöliittymäsuunnittelu, käytettävyys, mobiilisovellus

## Abstract

Author:	Mikhail Deriabin
Title:	Redesign and Development of the User Interface for the Air Quality Sensor Mobile Application
Number of Pages:	45 pages
Date:	23 March 2024
Degree:	Bachelor of Engineering
Degree Programme:	Information and Communication Technology
Professional Major:	Software Engineering
Supervisors:	Vesa Ollikainen, Senior Lecturer

---

The goal of this work was to familiarize the reader with the user interface design of mobile applications, to identify the best practices, and to highlight the most common mistakes. The theory was applied by redesigning the mobile application for MegaSense company's air quality sensor device and implementing a new application to replace the old one.

In the theoretical part of the work, special attention was given to Nielsen's heuristics and the most common techniques of visual design. This theory enables the improvement of user interface design in terms of usability and makes the application more efficient for users.

The motivation for this work stemmed from the air quality sensor application by the company MegaSense, whose user interface had been identified as problematic based on user feedback. The implementation of the new application focused primarily on simplifying the user interface and increasing intuitiveness. This was achieved by updating the application's navigation, improving the visibility of the status of views and processes, and enhancing user guidance.

The work demonstrates how the best practices of user interface design can be utilized in practice. It concretely shows how Nielsen's heuristics and visual techniques help to identify possible problem areas or ambiguities in the user interface during the design phase, before the actual implementation of the application, thereby reducing the need to address these issues in new versions of the application.

Keywords: user interface, user interface design, usability, mobile application

# Sisällys

1	Johdanto	1
2	Käyttöliittymä, käytettävyys ja käyttäjäkokemus	1
3	Visuaalinen käyttöliittymäsuunnittelu	4
3.1	Mittakaava	4
3.2	Visuaalinen hierarkia	5
3.3	Tasapainoperiaate	6
3.4	Kontrasti	7
3.5	Gestalt-periaatteet eli hahmolait	8
4	Käytettävyiden suunnittelu ja Nielsenin heuristiikat	9
4.1	Järjestelmän näkyvyys	10
4.2	Järjestelmän ja tosielämän vastaavuus	11
4.3	Hallinnan ja vapauden säilyminen käyttäjällä	12
4.4	Yhdenmukaisuus ja standardien noudattaminen	14
4.5	Virheiden ehkäisy	16
4.6	Tunnustaminen mieluummin kuin muistaminen	17
4.7	Joustavuus ja käytön tehostaminen	18
4.8	Esteettinen ja minimalistinen ulkoasu	19
4.9	Mahdollisuus tunnistaa, diagnosoida ja toipua virheistä	20
4.10	Opastus	21
5	MegaSense anturilaitteesta ja sovelluksesta	21
6	Motivaatio MegaSense-sovelluksen uudelleensuunnitteluun	24
6.1	MegaSense yrityksenä	24
6.2	Ilmanlaatuanturin ja sovelluksen käyttö tosimailmassa	24
6.3	Palaute sovelluksesta	25
7	Sovelluksen uudelleensuunnittelu	26
7.1	Päänäkymän ongelmia	26
7.2	Anturilaitteeseen yhdistämisprosessi	30
7.3	Uuden laitteen lisäämisprosessi	34
7.4	Uuden sovelluksen muut näkymät ja toiminnot	38

7.4.1	"My Devices" -näkymä	39
7.4.2	"My Measurements" -näkymä	39
7.4.3	"Info"-näkymä	41
8	Yhteenveto	42
	Lähteet	44

## 1 Johdanto

Tämän työn tavoitteena oli perehdyttää lukijoita käyttöliittymäsuunnitteluun, erityisesti ohjelmoijia, jotka ovat vastuussa mobiilisovellusten kehittämisestä. Työssä käsitellään käyttöliittymäsuunnittelun parhaita käytäntöjä ja yleisimpiä virheitä. Teoriaosuuden jälkeen esitellään, miten näitä periaatteita sovelletaan käytännössä tosielämän projektin esimerkin kautta.

Projektin tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa uudelleen MegaSense-yrityksen mobiilisovellus, jonka päätehtävä on kerätä ja visualisoida anturilaitteelta tulevia ilmanlaatutietoja. Sovellus ja laite olivat alun perin osa laajaa Helsingin yliopiston tutkimusta, jonka tarkoituksena on kerätä ja analysoida ilmanlaatutietoja (1).

MegaSense on suomalainen startup-yritys, joka toimittaa ilmanlaadun tietanalytiikkaa asiakkaille. Kyseinen mobiilisovellus ei ole yrityksen päätuote, mutta se on ollut käytössä erilaisissa hankkeissa, jotka tarvitsivat ilmanlaatutietojen poimimista. Esimerkiksi vuonna 2023 Helsingin kaupunki järjesti Ilmari-projektin kaupungin kouluissa. Tässä projektissa viides- ja kuudesluokkalaisille järjestettiin työpajoja, joissa opetettiin muun muassa ilman koostumuksesta ja saastumisesta isoissa kaupungeissa (2).

Uuden sovelluksen käyttöliittymän on korjattava löydettyjä heikkouksia käytettävyydessä ja käyttökokemuksessa ottaen huomioon myös vanhan sovelluksen palautteet.

## 2 Käyttöliittymä, käytettävyys ja käyttäjäkokemus

Mobiilisovelluksen käyttöliittymä on ihmisen ja sovelluksen vuorovaikutuksen kohta. Tässä tapauksessa vuorovaikutus tarkoittaa prosessia, jossa käyttäjä syöttää komennon ja saa tuloksen. (3.)

Komennolla tarkoitetaan esimerkiksi painikkeiden painallusta tai lomakkeeseen tekstin kirjoittamista. Komennon tuloksena voi esimerkiksi olla tuotteiden hakutuloksen löytyminen tai yhteys Bluetooth-laitteeseen.

Käyttöliittymät voivat olla hyvin erilaisia, ja ne eroavat toisistaan huomattavasti. Käyttöliittymän muotoon ja ulkonäköön vaikuttavat monet tekijät, kuten komentojen mukavin syöttötapa, laitteen tekniset ominaisuudet tai käyttökonteksti (4). Esimerkiksi jos laitteen suorituskyky on hyvin rajallinen, silloin käyttöliittymänkin tulisi olla mahdollisimman yksinkertainen ja kevyt, eikä sen tule sisältää ylimääräisiä efektejä tai animaatioita. Tilanteissa, joissa käyttäjän on vaikea syöttää komentoja kosketusnäytöllä, kuten ajon aikana, paras vaihtoehto on äänikäyttöliittymä. Tästä syystä käyttöliittymän suunnittelussa kannattaa ottaa huomioon myös ulkopuoliset tekijät.

Nykyaikaiset älypuhelimet ovat suhteellisen tehokkaita ja antavat kehittäjille mahdollisuuden luoda laitteiston näkökulmasta vaadittavia käyttöliittymiä, jotka sisältävät esimerkiksi erilaisia efektejä. Käyttäjä puolestaan odottaa sovellukselta sujuvaa kokemusta, joka luo kontekstin, jossa ei riitä, että sovellus vain toimii; sen on myös oltava suunniteltu hyvien käytäntöjen mukaisesti. (4.)

Mobiilisovelluksissa on graafinen käyttöliittymä. Graafiset käyttöliittymät eivät vaadi käyttäjiltä aiempaa teknistä osaamista tai laajaa perehdytystä, toisin kuin komentorivipohjaiset sovellukset. (4.)

Graafinen käyttöliittymä, joka on suunniteltu ammattilaisten suositusten mukaan, mahdollistaa korkeatasoista käytettävyyttä. Käytettävyys osoittaa, kuinka helposti käyttäjä saavuttaa määritellyn tavoitteen. Käytettävyys ei ole pelkästään helppokäyttöisyyttä; se on monipuolinen käsite, joka sisältää elementtejä, kuten tehokkuus, sitoutuminen, virhetoleranssi ja oppimiskäyrä. Nämä elementit yhdessä varmistavat, että käyttäjät voivat olla vuorovaikutuksessa sovelluksen kanssa intuitiivisesti, nauttia kokemuksesta ja toipua virheistä ilman merkittäviä vaikeuksia. Kehittäjän tärkein tehtävä suunnitteluvaiheessa on selvittää ja ratkaista käyttäjän konkreettinen ongelma ottaen huomioon ympäristön, mahdolliset häiriötekijät ja kognitiiviset rajoitukset. (5.)

Eri käytettävyytasot voidaan nähdä sovelluksissa, jotka tarjoavat samankaltaisia ratkaisuja. Esimerkiksi kaksi verkkokauppaa, Microsoft Store ja Google Play tarjoavat maksukortin lisäämistoiminnon, mutta se on toteutettu eri tavoin. Microsoft Storessa käyttäjän on syötettävä pitkä korttinumero ilman välilyöntejä, mikä lisää tarpeetonta kognitiivista kuormitusta, sillä on helpompi käsitellä pitkiä numeroita, kun ne on jaettu pienempiin osiin (6).

Google Playssa välilyönnit sallitaan ja lisätään automaattisesti, mikä helpottaa korttinumeron syöttämistä. Tämä on yksi esimerkki tekijöistä, jotka vaikuttavat käytettävyyteen (kuva 1).

The image shows two side-by-side credit card entry forms. On the left is the Microsoft Store form, and on the right is the Google Play form.

**Microsoft Store Form (Left):**

- Header: "We accept the following cards:" with logos for VISA, Microsoft Store, and Mastercard.
- Label: "\* Required"
- Field: "Cardholder Name \*" with an empty text input box.
- Field: "Card number \*" with the value "1234567891234567" entered in a single continuous string.

**Google Play Form (Right):**

- Header: "Add credit or debit card" with a close button (X).
- Field: "Card number" with the value "5212 3456 7891 2345" entered in four segments separated by spaces. A red error message "Card number is invalid" is displayed below the input.
- Field: "Cardholder name" with the value "Pekka Kukkonen" entered.

Kuva 1 Vasemmalla on Microsoft Store -sivuston maksukortin lomake ja oikealla on Google Play -sivustolla.

Käytettävyys kuuluu laajempaan kokonaisuuteen, jonka nimi on käyttäjäkokemus. Käyttäjäkokemus on monipuolinen tieteenala, joka yhdistää eri komponentteja luodakseen sovelluksia, jotka eivät ole vain toiminnallisia, vaan myös resonovat syvästi käyttäjien tarpeiden, käyttäytymisen ja käyttöliittymän vuorovaikutuksen mukaan. Käyttäjäkokemuksen suunnittelussa otetaan huomioon, kuka sovellusta käyttää, miksi ja miten. Käyttäjäkokemus on yksi tuotteen osista, joka toimii tiiviisti yhdessä muiden osien kanssa. Monet asiat voivat vaikuttaa epäsuorasti käyttäjäkokemukseen, esimerkiksi asiakastuen laatu, fyysinen ympäristö ja markkinointi. (7.)



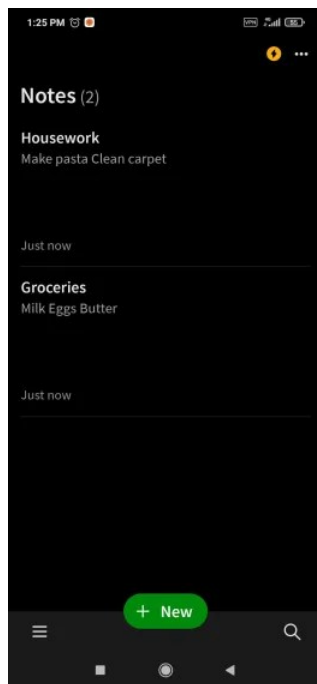
### 3 Visuaalinen käyttöliittymäsuunnittelu

Mobiilisovelluksen käyttöliittymäsuunnittelussa on otettava huomioon käyttöliittymän ulkonäkö. Suunnittelijan tulee valita muun muassa yhteensopivat värit, helposti luettavat fontit ja selkeät kuvakkeet. Nämä seikat kuuluvat visuaaliseen suunnitteluun ja luovat tuotteelle visuaalisen ilmeen, joka vahvistaa tuotteen tunnistettavuutta. (8.)

Visuaalisessa suunnittelussa korostetaan viittä periaatetta, jotka auttavat luomaan esteettisesti miellyttävän sovelluksen sekä parantamaan sen käytettävyyttä. Nämä periaatteet ovat mittakaava, visuaalinen hierarkia, tasapaino, kontrasti ja hahmolait. Tässä luvussa esitetään nämä periaatteet sekä annetaan esimerkkejä niiden käytöstä eri sovelluksissa. (9.)

#### 3.1 Mittakaava

Mittakaava tarkoittaa, että mitä suurempi elementti on, sitä tärkeämpi se on ja sitä enemmän se vie huomiota (9). Esimerkiksi Evernote-sovelluksessa (kuva 2) käytetään mittakaavaa käyttökokemuksen parantamiseen erottamalla muistiinpanojen otsikot niiden sisällöstä sovelluksen luettelonäkymässä. Otsikot ovat suurempia ja lihavoituja, mikä tekee niistä näkyvämmät ja auttaa käyttäjää löytämään nopeasti etsimänsä muistiinpanon.

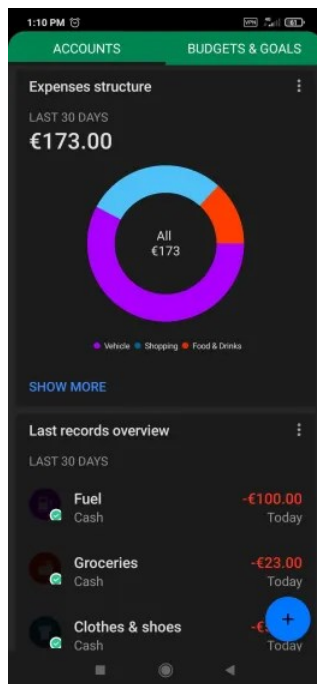


Kuva 2 Evernote-sovelluksen muistiinpanojen näkymä.

### 3.2 Visuaalinen hierarkia

Visuaalinen hierarkia lisätään käyttämällä erilaisia mittakaavoja, värejä, välejä, sijoittelua ja muita tekniikoita. Hierarkian päätavoite on ohjata käyttäjän huomiota sovelluksessa. Sen avulla käyttäjä voi heti nähdä tärkeimmät kohdat ja toiminnot. (9.)

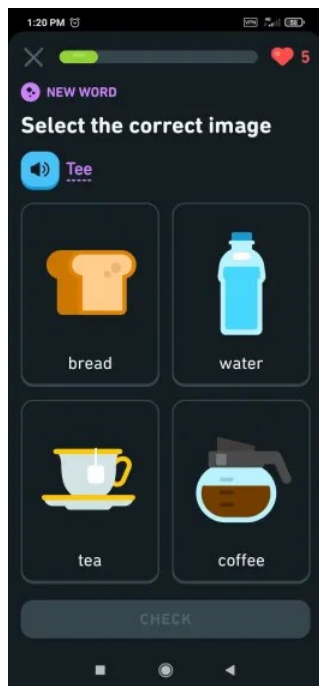
Esimerkiksi Wallet-sovelluksessa (kuva 3) visuaalista hierarkiaa käytetään taloustietojen järjestämiseen. Kiinnostavimmat tiedot, kuten kulut ja kulusuhde, ovat suurimpia ja värikkäimpiä elementtejä, jotka käyttäjä huomaa heti. Samalla yksittäiset kulut ovat pienempiä elementtejä, joita käyttäjä havaitsee myöhemmin.



Kuva 3 Wallet-sovelluksen päänäköymä.

### 3.3 Tasapainoperiaate

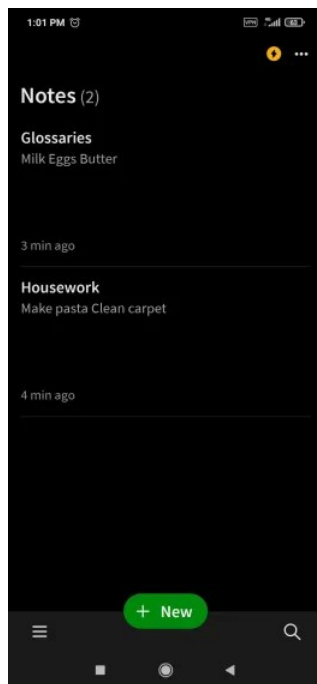
Tasapainoperiaate viittaa siihen, että missään käyttöliittymän osassa ei pitäisi olla liikaa elementtejä muihin osiin verrattuna. Käyttöliittymän voi jakaa kuvitteellisesti vaak- ja pystyakseleihin. Kun esimerkiksi näytön kaikki painikkeet ja tekstit ovat vasemmalla puolella ja oikea puoli on tyhjä, sanotaan, että tämä rikkoo tasapainoa ja vie ylimääräistä huomiota vasemmalle. (9.) Duolingo-sovellus (kuva 4) on hyvä esimerkki tasapainoisen käyttöliittymän suunnittelusta; tässä sanakortit vievät yhtä paljon tilaa ja ne on sijoitettu symmetrisesti.



Kuva 4 Duolingo-sovelluksen sanakortit.

### 3.4 Kontrasti

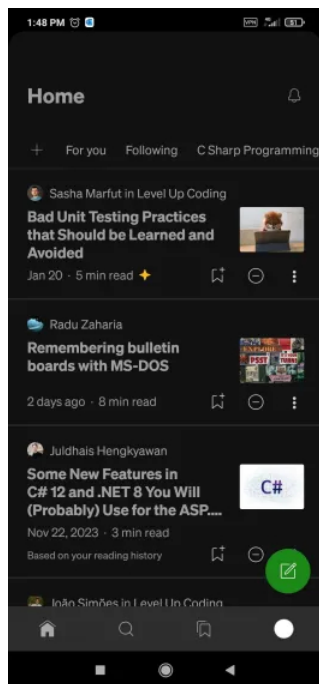
Kontrasti saa tietyt osat käyttöliittymästä erottumaan joukosta. Toisin sanoen kontrasti antaa silmälle huomattavan eron kohtien välillä korostaakseen niiden eroavuutta. Kontrastin periaatetta sovelletaan usein värien kautta. (9.) Näin Evernote-sovelluksessa New-painike erottuu selvästi kontekstista vihreällä värillä, ja se auttaa käyttäjää löytämään kyseisen näytön päätoiminnon eli uuden muistiinpanon luomisen.



Kuva 5 Evernote-sovelluksen muistiinpanojen näkymä.

### 3.5 Gestalt-periaatteet eli hahmolait

Gestalt-periaatteet eli hahmolait ovat joukko periaatteita, jotka perustuvat siihen, miten ihminen käsittelee visuaalisia tietoja. Tähän joukkoon kuuluvat muun muassa läheisyys, jatkuvuus ja samankaltaisuus. (9.) Esimerkiksi Medium-sovelluksessa (kuva 6) kaikki artikkelikortit sisältävät tekijän, otsikon ja kuvan. Tämän vuoksi ne näyttävät samankaltaisilta käyttäjän näkökulmasta. Myös kaikki yhteen artikkeliin kuuluvat tiedot on sijoitettu lähelle toisiaan muodostaen yhden kompleksisen elementin.



Kuva 6 Medium-sovelluksen artikkeli lista.

## 4 Käytettävyyden suunnittelu ja Nielsenin heuristiikat

Silloin, kun halutaan suunnitella käyttöliittymän käytettävyyttä, usein käytetään Nielsenin heuristiikkoja eli neuvoja, jotka auttavat suunnittelijaa löytämään mahdollisia ongelmia käytettävyydessä ja toipumaan virheistä. Ne ovat kuitenkin vain suuntaa-antavia neuvoja, eivätkä ole pakollisia käytettävyyden sääntöjä. (10.)

Yhteensä on olemassa 10 heuristiikkaa. Tässä luvussa käsitellään niitä yksityiskohtaisesti sekä tarjotaan esimerkkejä niiden soveltamisesta erilaisiin sovelluksiin.

## 4.1 Järjestelmän näkyvyys

Järjestelmän eli mobiilisovelluksen tilan pitäisi olla näkyvillä koko ajan. Käyttäjän on helpompi ymmärtää, miten toiminnot toimivat, jos hän tietää, mitä on tapahtumassa. (10.)

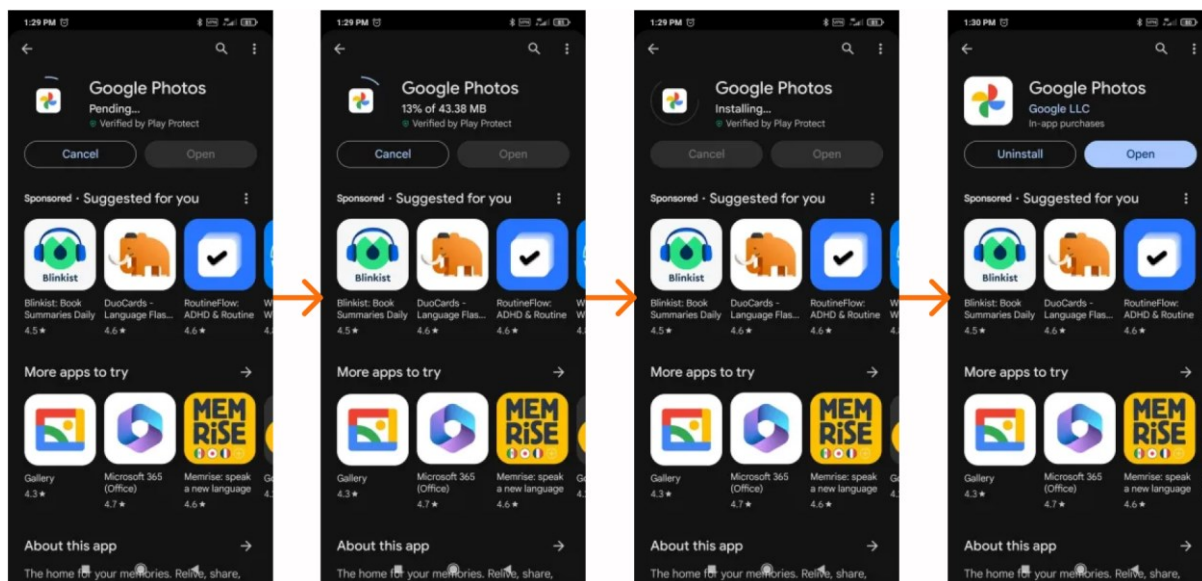
Sovelluksen tulee selkeästi näyttää käyttäjän sijainti tai se, missä vaiheessa jokin toimintoprosessi on. Esimerkiksi käyttäjän pitää pystyä ymmärtämään, kuinka paljon lomakkeesta on vielä täyttämättä tai millä lomakkeen sivulla hän kulloinkin on. (11.)

Sovelluksen tulee antaa välitön palaute käyttäjän suorittaman komennon jälkeen. Esimerkiksi painikkeen väri voi hetkellisesti muuttua sen painamisen seurauksena, tai kun tuote on lisätty ostoskoriin, ponnahdusikkuna voi ilmoittaa tästä. Kun käyttäjä näkee, että toivottu toiminto on onnistunut, hän välttyy virheiltä, kuten painikkeen toistuvalla painamiselta, mikä puolestaan tehostaa sovelluksen käyttöä. (11.)

Tilanteissa, joissa toiminnon suorittaminen kestää kauemmin, on tärkeää informoida käyttäjää tästä, esimerkiksi latauskuvakkeen avulla (11).

Yllä mainituissa tilanteissa on kuvattu, milloin sovelluksen tila on näytettävä käyttäjälle. Play Storesa on hyvin toteutettu tämä heuristiikka, kun käyttäjä haluaa asentaa uuden sovelluksen, hän näkee erilaiset asennusvaiheet (kuva 7), kuten latauksen valmistelun, latausprosessin, asennuksen, sekä viimein tiedon siitä, että sovellus on ladattu ja asennettu. Tilanteessa, jossa lataaminen voi kestää kauan hitaan internetyhteyden vuoksi, käyttäjä ymmärtää, että sovellusta

ladataan ja että hänen tulee odottaa hetki. Jos tila ei olisi ollut näkyvissä, käyttäjä saattaisi olettaa, että sovellus on jumissa tai että on tapahtunut jokin muu virhe.



Kuva 7 Play Storen sovelluksen asennusprosessi.

## 4.2 Järjestelmän ja tosielämän vastaavuus

Sovelluksessa tulee käyttää käyttäjille tuttuja elementtejä ja sanastoa. Tilanteissa, jossa suunnittelija tuntee sovelluksen tyypilliset käyttäjät ja heidän osaamistasonsa, hänen tulee valita käyttäjille tuttuja sanoja ja symboleja. (12.)

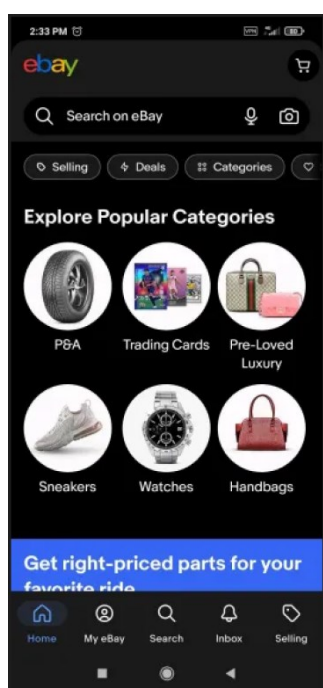
Jos esimerkiksi käyttäjä on henkilö, jolla ei ole ohjelmointitaustaa, ei kannata käyttää fraaseja kuten “lähetä POST pyyntö /message päätepisteelle”, vaan yksinkertaisempi “lähetä viesti”. Yleisenä esimerkkinä teknisen sanaston käyttämisestä on videopeleissä, jossa yleinen tekninen termi “päivitä client” tarkoittaa käytännössä “päivitä pelin versio omalla koneellasi”. Tilanteissa, joissa teknisen sanaston käyttö on välttämätöntä, käyttäjille tulee tarjota selkeitä ohjeita ja kuvauksia.

Kuvakkeiden ja symbolien tulee olla selkeitä ja käyttäjille tuttuja. Usein kuvakkeet kuvaavat tosielämän esineitä, mikä luo käyttäjälle vahvan yhteyden sovelluksen



toimintojen ja fyysisten esineiden välille, mikä lyhentää sovelluksen oppimiskäyrää. (12.)

Esimerkiksi Ebay-verkkokaupassa (kuva 8) on ostoskärrykuvake, joka edustaa paikkaa, jossa ovat kaikki valitut tavarat. Käyttäjät käyttävät ostoskärryjä käydessään kaupoissa, ja tämä objekti on tuttu niille. Sen takia syntyy vahva yhteys tosimailman ja sovelluksen kautta. Myös käyttäjät voivat helposti yhdistää suurenuslasin ”hae tuotteita” -toimintoon ja kellokuvakkeen ilmoituksiin.



Kuva 8 Ebay-sovelluksen pääsivu.

### 4.3 Hallinnan ja vapauden säilyminen käyttäjällä

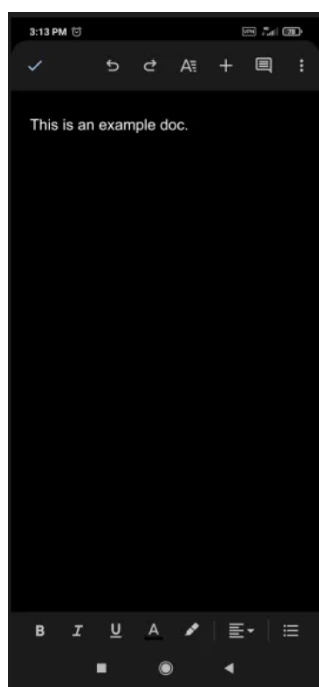
Käyttäjät saattavat usein tehdä tahattomia toimintoja ja virheitä. Siksi on olennaista tarjota heille mahdollisimman yksinkertainen keino näiden toimintojen peruuttamiseen tai korjaamiseen. Hyvin suunniteltu peruutusprosessi lisää käyttäjien vapautta ja luottamusta sovelluksen käyttöön. Vaikka virheitä voi ilmetä sovelluksen eri osissa, yleinen periaate on mahdollistaa käyttäjän paluu sovelluksen aiempaan tilaan ja estää tilanteet, joissa käyttäjä turhautuu tai huolestuu virheen vuoksi. (13.)

Sovelluksissa voi olla aikaa vieviä toimintoja kuten videoiden lataaminen pilvipalveluun. Kun käyttäjällä ei ole mahdollisuutta odottaa latauksen valmistumista, on tärkeää tarjota hänelle mahdollisuus keskeyttää lataus ja yrittää uudelleen myöhemmin.

Sovelluksissa on osioita, jotka sisältävät käyttäjien syöttämiä tietoja tai tekemiä valintoja kuten profiilitietoja, asetuksia, lähetettyjä viestejä tai tuotteita ostoskorissa. Käyttäjille tulee antaa mahdollisuus lisätä tuotteita ostoskoriin sekä poistaa niitä tai muuttaa niiden määrää.

Sovelluksen navigaatioon tulee kiinnittää erityistä huomiota. Käyttöliittymässä on oltava selkeä logiikka, joka ohjaa käyttäjää siirtymään edelliselle sivulle tai sulkemaan ikkunan. (14.) Esimerkiksi monisivuisen lomakkeen täyttämisen yhteydessä käyttäjälle tulee tarjota mahdollisuus palata edelliselle sivulle ja muokata tietoja menettämättä muita syötettyjä tietoja.

Tämän heuristiikan tyypillisin esimerkki on kumoa- ja tee uudelleen -toiminnot erilaisissa tekstieditoreissa (kuva 9), jolloin käyttäjä voi peruuttaa viimeisimmän muutoksen dokumentissa yhdellä napsautuksella.



Kuva 9 Google Docs -sovelluksen tiedoston muokkaus näkymä.

#### 4.4 Yhdenmukaisuus ja standardien noudattaminen

Sovelluksessa on säilytettävä yhdenmukaisuus, mikä vaikuttaa suoraan käyttäjien oppimiskäyrään ja käytön helppouteen. Yhdenmukaisuutta arvioitaessa tulee ottaa huomioon sekä sisäinen että ulkoinen yhdenmukaisuus. (15.)

Sisäinen yhdenmukaisuus viittaa sovelluksen sisäisten yleissopimusten noudattamiseen, kuten sovelluksen päävärin, navigaation, kuvakkeiden tyylit, fontit ja muut elementit, jotka säilytetään johdonmukaisina kautta koko sovelluksen (15).

Ulkoinen yhdenmukaisuus viittaa siihen, miten kehitettävä sovellus mukautuu muiden sovellusten käyttämiin tekniikoihin, termeihin, kuvakkeisiin ja muihin elementteihin (15). Esimerkiksi, kun käyttäjän on hyväksyttävä jokin toiminto, yleisesti käytetään termejä "hyväksy" tai "ok". Näissä tilanteissa suositellaan käyttämään vain näitä sanoja ja vältetään epätavanomaisia ilmaisuja kuten "hieno" tai "asia kunnossa". Tämä ei kuitenkaan sulje pois mahdollisuutta poiketa ulkoisesta yhdenmukaisuudesta ja käyttää luovia ratkaisuja, kunhan ne ovat perusteltuja ja selkeästi harkittuja.

Yhdenmukaisuus voidaan jakaa useisiin tasoihin, jotka kattavat visuaalisen ilmeen, sivun asettelun, käyttäjän syötöt ja tekstin tyylit (15).

Visuaalisella tasolla kaikkien samankaltaisten elementtien tulisi olla ulkoasultaan yhdenmukaisia (15). Esimerkiksi, jos käytössä on painikkeet pyöristetyillä kulmilla, sovelluksessa ei tulisi olla suorakulmaisia painikkeita. Samoin, jos kaikki linkit ovat alleviivattuja, ei tulisi olla linkkejä ilman alleviivausta. Tämä yhdenmukaisuuden periaate varmistaa, että sovelluksen käyttökokemus on johdonmukainen ja käyttäjä voi intuitiivisesti ymmärtää käyttöliittymän elementtien toiminnan.

Sivun asettelun johdonmukaisuus on avainasemassa käytettävyyden kannalta. Sivun navigaation ja otsikoiden tulee pysyä samassa paikassa läpi sovelluksen, mikä helpottaa käyttäjien orientaatiota ja vähentää heidän tarvettaan etsiä toimintoja. Samoin, toistuvien elementtien, kuten modaalisten ikkunoiden, lomakkeiden

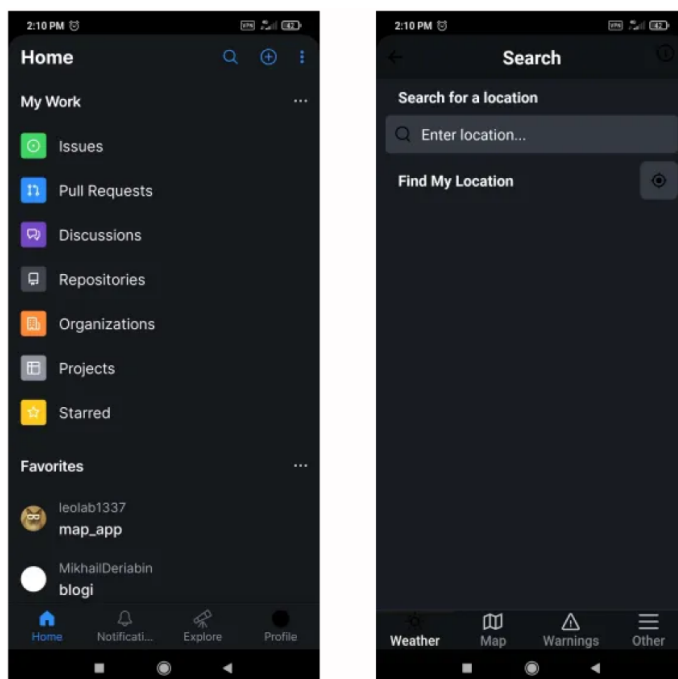
ja mahdollisten kontekstivalikoiden, asettelun tulisi pysyä yhdenmukaisena eri sivuilla. (15.)

Esimerkiksi kontekstivalikon suhteen on tärkeää, että sen asettelu (joko vaaka- tai pystysuunta) ja painikkeiden järjestys säilytetään muuttumattomana sovelluksen eri osissa. Tämä yhdenmukaisuus vähentää käyttäjän kognitiivista kuormitusta, kun he oppivat, missä toiminnot sijaitsevat ja miten ne toimivat, mikä nopeuttaa ja tehostaa sovelluksen käyttöä.

Osa käyttäjän syötoistä on samanlaisia eri sovelluksissa. Tämän vuoksi on suositeltavaa suunnitella käyttäjän syöttökohdat samalla tavalla, kuin ne on suunniteltu muualla (15). Salasanakentät piilottavat tekstin, pakolliset kentät merkitään \*-symbolilla, ja päivämääräkenttä on yleensä päivämäärävalitsin jne.

Eri sovelluksen osissa käytetään tekstiä. Tekstille pitäisi valita yksi sävy ja käyttää sitä kaikkialla. Tämä koskee sivun sisältöä, ponnahdusikkunoita, virheilmoituksia, ohjetekstejä jne.

Esimerkiksi GitHub- ja FMI Weather -sovelluksissa (kuva 10) käytetään suurenuslasikuvaketta hakutoimintopainikkeissa. Tämä on esimerkki ulkoisesta visuaalisesta yhdenmukaisuudesta, jolloin käyttäjälle on heti selvää, mitä nämä painikkeet tekevät, ja oppimiskäyrä lyhenee.



Kuva 10 GitHub- ja FMI Weather -sovelluksien näkymät.

#### 4.5 Virheiden ehkäisy

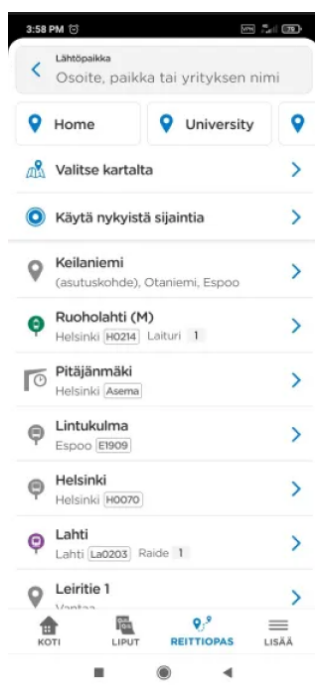
Sovelluksen käytön aikana käyttäjät voivat tehdä virheitä, jotka eivät välttämättä johdu käyttäjän toiminnasta. Usein virheet syntyvät puutteellisen suunnittelun seurauksena. Hyvin suunnitellun käyttöliittymän ensisijainen tehtävä on ehkäistä mahdollisia virheitä. Vaikka virheet voivat olla moninaisia ja esiintyä sovelluksen eri osissa, on olemassa keinoja niiden tunnistamiseksi ja ehkäisemiseksi. (16.)

Tilanteissa, joissa käyttäjän syötön sisältö on ennakoon tiedossa, on hyvä rajoittaa syötettäviä tietoja (16). Esimerkiksi puhelinnumerokentässä ei tulisi sallia kirjainten kirjoittamista. Jos käyttäjä ei ole valinnut vaatteiden kokoa, hänen ei pitäisi pystyä lisäämään sitä ostoskoriin. Tätä tekniikkaa tulee käyttää harkiten, ja käyttäjän vapauden säilyttämisen heuristiikka on tärkeää muistaa (16).

Sovelluksessa voi olla toimintoja, jotka aiheuttavat merkittäviä muutoksia tai ovat peruuttamattomia. Tällaisissa tapauksissa on tärkeää pyytää käyttäjältä vahvistus muutoksille, jotta voidaan varmistaa käyttäjän todellinen aikomus suorittaa toiminto ja estää mahdolliset vahinkotoimenpiteet. (16.) Esimerkiksi, kun käyttäjä

täyttää työhakemuksen, hänen tulisi nähdä lopuksi täytetty lomake ja pyytää vahvistusta sen lähettämiseksi. Samoin, kun käyttäjä haluaa poistaa oman profiilinsa, on selkeästi ilmoitettava, että toimintoa ei voi peruuttaa, ja pyydettyä erillistä hyväksyntää toimenpiteelle.

Automaattinen täyttö tarjoaa käyttäjälle kelvolliset valinnat, mikä auttaa ehkäisemään virheitä ja tehostamaan sovelluksen käyttöä (16). Esimerkiksi HSL-sovelluksessa (kuva 11), kun käyttäjä etsii reittiä, hänelle näytetään hänen suosikkejaan sekä viimeksi haettuja paikkoja.



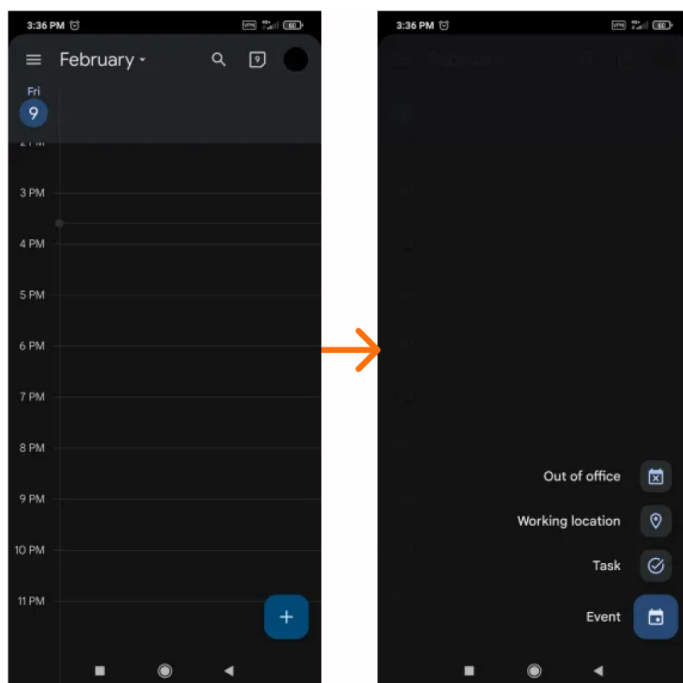
Kuva 11 HSL-sovellus, reitin lähtöpaikan hakeminen.

#### 4.6 Tunnustaminen mieluummin kuin muistaminen

Psykologiasta tiedetään, että ihmisen muisti voi toimia kahdella eri tavalla. Ensimmäinen tapa on tietää ja muistaa asioita. Toinen tapa on tunnistaa ja assosoida asioita. Ihmiselle on vaikeampaa kirjoittaa vapaamuotoisia vastauksia kysymyksiin kuin valita oikea vastaus joukosta. Kun on tarvetta siirtää tiedostoja komentorivikäyttöliittymässä, käyttäjän pitää tietää ja syöttää siirrettävän tiedoston nimi, sekä kansion nimi ja sijainti, mihin tiedosto on siirrettävä. Toisaalta

graafisessa käyttöliittymässä käyttäjä voi helposti tunnistaa ja nähdä siirrettävän tiedoston ja määränpään kuvakkeiden ja nimien avulla. Tämä heuristiikka korostaa, miten ihmisen muisti toimii, ja tarjoaa suunnittelijalle vinkin, miten voidaan alentaa mentaalista kuormitusta käyttöliittymässä. (17.)

Google Calendar -sovelluksessa (kuva 12), kun käyttäjä haluaa lisätä tapahtumamuistutuksen, hänen on painettava plussanappulaa, joka assosioidaan lisäystoimintoon. Sen jälkeen käyttäjälle tarjotaan erilaisia tapahtumavaihtoehtoja, ja hän voi valita valmiin pohjan tapahtumalle. Tällä tavoin käyttäjän tarvitsee vain tunnistaa oikea tapahtumatyyppi eikä syöttää kaikkia tietoja käsin, mikä vähentäisi mentaalista kuormitusta.

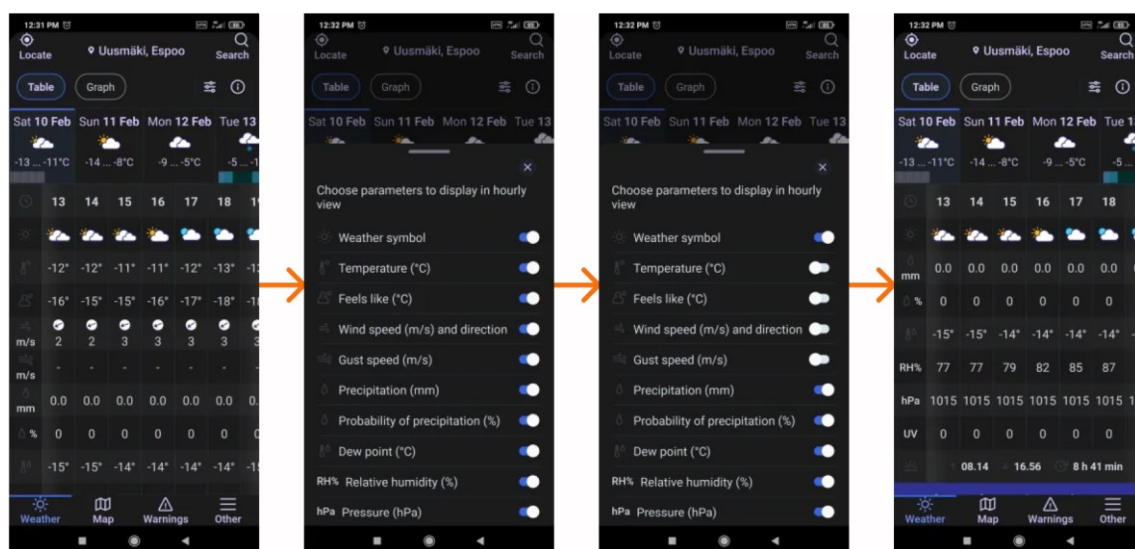


Kuva 12 Google Calendar -sovelluksen tapahtuman lisääminen.

#### 4.7 Joustavuus ja käytön tehostaminen

Kun käyttäjä on käyttänyt sovellusta jonkin aikaa, monet sovelluksen perustoiminnot tulevat hänelle tutuiksi. Tällaisille käyttäjille voidaan tarjota edistyneitä toimintoja ja nopeuttaa sovelluksen käyttöä oikoteiden avulla, samalla kun osa vähemmän tärkeistä toiminnoista piilotetaan uusilta käyttäjiltä. (10.)

Esimerkiksi FMI Weather -sovelluksessa on edistyneempi toiminto, jonka avulla voidaan valita, mitkä tiedot näytetään päänäkylässä (kuva 13). Uusi käyttäjä ei välttämättä huomaa pientä ”Asetukset”-kuvaketta oikeassa yläkulmassa, joka avaa valikon näytettävillä tiedoilla. Kokeneempi käyttäjä, joka on tottunut sovelluksen navigointiin, voi kuitenkin helposti muokata päänäkymän itselleen sopivaksi.



Kuva 13 Päänäkymän muokkaaminen FMI Weather -sovelluksessa.

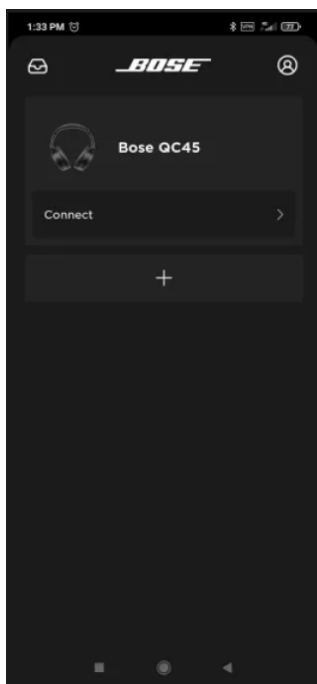
#### 4.8 Esteettinen ja minimalistinen ulkoasu

Sovelluksen näkymien suunnittelussa on tärkeää harkita, mitkä toiminnot ja tiedot tulee näyttää ja mitkä eivät ole niin tärkeitä. Kun näytöllä on liikaa tietoa, käyttäjän on vaikeampi keskittyä sovelluksen päätoimintoihin, koska ylimääräiset elementit hajottavat hänen huomiotaan. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että näkymässä ei saisi olla useita tietoja, jos ne ovat tarpeellisia. (10.)

Esimerkiksi Bose Music -sovelluksen päänäkylässä (kuva 14) ei ole ylimääräisiä elementtejä, ja käyttäjä voi heti ymmärtää, että näkymässä voidaan tarkistaa olemassa olevat laitteet ja yhdistää niihin. Esimerkiksi laitteiden asetukset tai käyttöohjeet eivät ole näkyvillä päänäkylässä. Vaikka nämä asiat kuuluvat laitteisiin ja käyttäjä saattaisi tarvita niitä, niiden lisääminen päänäkymään



kuormittaisi sitä ja tekisi navigoinnista käyttäjälle vaikeampaa. Sen sijaan laitteen asetukset ja ohjeet on sijoitettu toiselle näkymälle.



Kuva 14 Bose Music -sovelluksen päänäköymä.

#### 4.9 Mahdollisuus tunnistaa, diagnosoida ja toipua virheistä

Suunnittelijan ja kehittäjän kannattaa ehkäistä käyttäjien virheitä, mutta se ei ole aina mahdollista. Virheet ovat väistämättömiä, ja sen vuoksi on tärkeää miettiä, miten virheet voidaan ilmaista ja informoida käyttäjiä niistä.

Usein mobiilisovelluksissa virheet näytetään erilaisissa ponnahdusikkunoissa, korteissa tai suoraan tekstillä. Indikaattorin tulisi sijaita lähellä sitä paikkaa, missä virhe tapahtui (18). Esimerkiksi jos käyttäjä on syöttänyt tiedot väärässä muodossa lomakkeeseen, virheteksti tulee sijoittaa lähelle virheellistä kenttää.

Myös on tärkeää valita virheilmoitusten kieliasu huolellisesti, kun otetaan huomioon sovelluksen tyypilliset käyttäjät (18). Jos sovellus on suunnattu esimerkiksi terveysalan ammattilaisille, virheteksteissä voi käyttää lääketieteellisiä termejä ja slangia. Toisaalta, jos sovellus on suunnattu laajemmalle yleisölle eikä tiettyyn ammattikuntaan, tulee käyttää yleiskieltä, joka on selkeää kaikille.

Sovelluksen käyttöä voidaan nopeuttaa ja tehostaa myös virheet luokittelemalla eri ryhmiin. Osa virheistä voi olla vain varoituksia, kun taas toiset ovat kriittisiä virheitä, jotka estävät sovelluksen toiminnon toteutumisen. Ei-kriittiset virheet informoivat käyttäjää siitä, mikä on mennyt väärin, mutta kriittisten virheiden yhteydessä tulisi myös esittää mahdollinen ratkaisu. (18.)

#### 4.10 Opastus

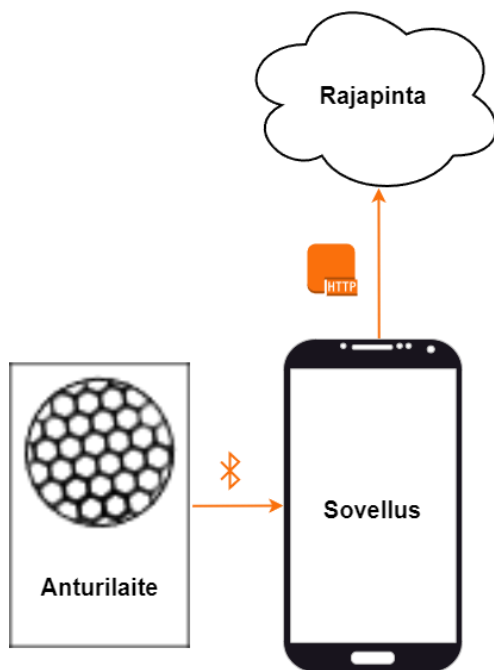
Paras sovellus on se, joka ei vaadi erillisiä selityksiä tai ohjeita. Kuitenkin sovelluksessa tulee tarkistaa mahdolliset epäselvyydet ja monimutkaiset toiminnot ja informoida käyttäjää niistä. (19.)

Opastustekstien tulee vastata kysymykseen ”miten tietty toiminto suoritetaan” ja tarjota lista konkreettisista askeleista. Tekstin on oltava selkeä ja ymmärrettävä sovelluksen tyypilliselle käyttäjälle. (19.)

Opastuksen paras hetki on juuri silloin, kun käyttäjä tarvitsee sitä (19). Esimerkiksi salasanaa luodessa sen vaatimukset esitetään samanaikaisesti, jotta käyttäjä ymmärtää mitä odotetaan. Toisena esimerkkinä, kun käyttäjä avaa sovelluksen ensimmäistä kertaa asennuksen jälkeen, tarjotaan lyhyt opastuskierros, jossa korostetaan sovelluksen päätoimintoja.

## 5 MegaSense anturilaitteesta ja sovelluksesta

Viimeisissä luvuissa oli käsitelty teoriaosuutta, joka tarjoaa lukijalle perehdytyksen käyttöliittymiin ja niiden suunnitteluun. Seuraavaksi esitellään, miten teoriaa oli sovellettu käytännön projektiin. Kuvassa 15 on esitetty MegaSense-yrityksen tarjoaman anturilaitteen ja siihen liittyvän sovelluksen kokonaisjärjestelmä sekä niiden välinen yhteys. Sovellus yhdistää anturilaitteeseen Bluetoothin avulla, jonka jälkeen se voi näyttää käyttäjälle saadut tiedot ja lähettää ne edelleen rajapinnan kautta tallennettavaksi.



Kuva 15 Koko järjestelmän yleiskuva.

### Anturilaite

Anturilaite koostuu erilaisista antureista, jotka mittaavat ilmassa olevia kaasuja ja pienhiukkasia. Yhteensä anturilaite pystyy mittaamaan 16 erilaista arvoa. Laite on suunniteltu kevyeksi ja älypuhelimien kokoiseksi, mikä tekee siitä sopivan mobiilikäyttöön, esimerkiksi lenkillä tai pyöräretkillä. Lisäksi laitteessa on kiinnityskohdat, joiden avulla se voidaan kiinnittää vaatteisiin tai laukkuihin. Laite on esitetty kuvassa 16.



Kuva 16 Ilmanlaatuanturilaite.

### Sovellus

Sovellus on yhteensopiva vain Android-käyttöjärjestelmän kanssa ja vaatii toimia-akseen internetyhteyden, Bluetoothin sekä sijaintipalvelut olla aktivoituna. Sovellus on suunniteltu pysymään aktiivisena koko mittaussession ajan, jotta käyttäjä voi seurata ilmanlaatua reaaliajassa. Tämän vuoksi sovellus ei jatka toimintaansa taustalla, kun se on suljettu tai puhelimen näyttö on lukittu.

### Rajapinta

Rajapinta tallentaa saadut mittausarvot, mikä mahdollistaa niiden hyödyntämisen tulevaisuudessa, esimerkiksi kaupungin ilmanlaadun analysoinnissa. Sovelluksella on vain oikeus tallentaa tietoja rajapintaan, eikä sillä ole oikeuksia suorittaa muita toimintoja tallennettujen tietojen kanssa.

## 6 Motivaatio MegaSense-sovelluksen uudelleensuunnitteluun

Projektin keskiössä oli MegaSense-yrityksen mobiilisovelluksen uudelleensuunnittelu, jonka päätavoitteena oli käytettävyyden parantaminen. Käyttäjäpalautteen perusteella ilmeni puutteita sovelluksen toiminnallisuudessa ja käyttöliittymässä.

Uudistusprojektin motivaationa oli tehdä ilmanlaadun seuraamisesta helpompaa ja miellyttävämpää vastaten käyttäjien kohtaamiin haasteisiin. Tavoitteena oli luoda intuitiivisempi ja esteettisesti miellyttävämpi sovellus, joka ei vain parantaisi käytettävyyttä, vaan myös edistäisi ilmanlaadun tietoisuutta ja ymmärrystä. Uudistettu sovellus pyrkii näyttämään, miten teknologia voi tukea ympäristötietoisuuden ja -vastuun lisäämistä tarjoamalla helppokäyttöisen välineen ilmanlaadun seurantaan.

### 6.1 MegaSense yrityksenä

MegaSense on suomalainen startup, joka toimittaa edistynyttä ilmaston ja ilmanlaadun data-analytiikkaa yksityisasiakkaille, yrityksille ja viranomaisille. Yritys käyttää tekoälymalleja simuloimaan saasteiden ja kasvihuonekaasujen muuntumista ilmakehässä. Nämä mallit tuottavat korkean resoluution ennusteita ja oivalluksia suoraan katutasolle ja mahdollistavat ilmanlaadun sekä ilmastomuutoksen tiedon selkeän tulkinnan ja toimenpiteet käyttäjille. (20.)

MegaSensen päätuote on mobiilisovellus, joka kerää käyttäjän paikkatietoja ja sen avulla ilmoittaa käyttäjälle, millaista ilmaa hän on hengittänyt päivän aikana.

### 6.2 Ilmanlaatuanturin ja sovelluksen käyttö tosimaaailmassa

MegaSensen anturilaite ja siihen liittyvä sovellus ovat olleet käytössä erilaisissa opetusprojekteissa, kuten Ilmari-hankkeessa. Ilmari on osa Helsingin kaupungin ympäristöpalveluiden tarjoamaa ympäristökasvatustoimintaa, ja se on kehittänyt innovatiivisen tavan edistää kestävästä liikkumisesta yhdistettynä ilmanlaadun opetukseen. Viidennen ja kuudennen luokan oppilaille suunnatuissa työpajoissa on

yhdistetty teoriaosuus ja Ilmansuojelijat-peli, joka on rohkaissut oppilaita suorittamaan erilaisia tehtäviä ulkona. Pelin aikana on hyödynnetty myös MegaSensen ilmanlaatuanturia ja sovellusta, jotka ovat mahdollistaneet oppilaille erilaisen kaasujen ja pienhiukkasten mittaamisen ilmasta. (2.) Tavoitteena on jatkossa hyödyntää anturilaitetta vastaavissa opetusprojekteissa.

Nykyisin Helsingin Oodi-kirjastosta voi lainata MegaSensen ilmanlaatuantureita ja tutkia ilmanlaatua esimerkiksi omalla asuinalueella. Tämä tarjoaa mahdollisuuden lisätä ympäristötietoisuutta yhteisöissä ja antaa kaikille tilaisuuden ymmärtää ilmanlaadun vaikutuksia paremmin.

### 6.3 Palaute sovelluksesta

Sovelluksen palautetta on pääasiassa kerätty Ilmari-projektin järjestäjiltä, jotka ovat käyttäneet sovellusta aktiivisesti ja tarpeeksi pitkään, minkä ansiosta heillä on syvällistä ymmärrystä niistä seikoista, jotka on otettava huomioon sovellusta hyödynnettäessä oppimisprojektissa. Käyttäjäpalautteiden mukaan sovellus vaatii selkeyttä ja käytettävyyden parannuksia.

Ensimmäiseksi sijainnin käyttöönoton ohjeistuksen tulisi olla selkeämpi, jotta käyttäjät ymmärtäisivät sen tarpeellisuuden. Päänäkymän suunnittelussa on keskityttävä intuitiivisuuteen: yhdistämistoiminnon painike ja muut elementit tulee tehdä selkeästi erottuviksi ja helposti navigoitaviksi välttämällä tarpeetonta sekaannusta.

Lisäksi uusien laitteiden etsimisen ja lisäämisen prosessia on yksinkertaistettava vähentämällä tarpeettomia vaiheita, mikä helpottaa uusien laitteiden käyttöönottoa. Eri laitteiden erottaminen toisistaan listoissa ei saisi perustua pelkästään MAC-osoitteeseen, vaan käyttöön tulisi ottaa intuitiivisempia tunnisteita. Bluetooth-yhteyden muodostamisen prosessia on selkeytettävä, ja mahdolliset yhdistämisongelmat on ilmoitettava selkein virheilmoituksin, jotta käyttäjä ymmärtää, mitä toimenpiteitä on tarpeen tehdä.

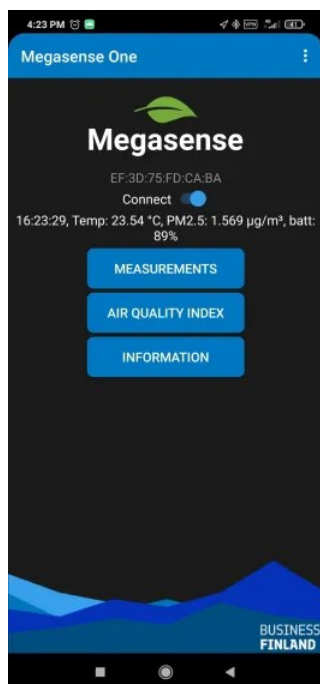
Mittauksien esittämisessä päänäkyvässä tulee olla selkeät selitykset ja vertailuarvot, jotta myös ne käyttäjät, jotka eivät ole aiemmin perehtyneet ilmanlaatuun, voivat ymmärtää datan merkityksen. Mittaussessioiden kaavioiden on tarjottava merkityksellistä tietoa päätöksenteon tueksi, mikä edellyttää visualisoinnin parantamista tarjoamalla kattavampi näkymä datan trendeihin. Kokonaisuudessaan sovelluksen on tarjottava käyttäjäystävällinen kokemus, joka kannustaa ja tukee ilmanlaadun aktiivista seuraamista.

## **7 Sovelluksen uudelleensuunnittelu**

Kuten aiemmassa luvussa mainittiin, MegaSensen sovellus on suunniteltava uudelleen käyttäjien palautteiden perusteella. Vaikka vanha sovellus toimii ja sen käyttöliittymään voi ajan myötä tottua, on tärkeää analysoida ja parantaa sovellusta käyttämällä visuaalisen suunnittelun parhaita käytäntöjä ja Nielsenin heuristiikkoja. Parempi käytettävyys hyödyttää sekä uusia että vanhoja käyttäjiä. Sovelluksen eri näkymissä ja toiminnoissa on monia parannusta vaativia kohtia. Tässä luvussa on kuvattu vanhan sovelluksen puutteita ja esitetty, miten ne on korjattu uudessa versiossa.

### **7.1 Päänäkymän ongelmia**

Sovelluksen päänäkyvässä voidaan yhdistää laitteeseen, nähdä anturista tulevia arvoja, avata mittaussession arvojen kaavioita, mennä ilmanlaatukartta.hsy.fi-sivustoon ja lukea artikkeleita osasta. Kuvassa 17 on esitetty sovelluksen päänäkyvä.



Kuva 17 Vanhan sovelluksen päänäkyvä.

Mittakaavan käyttö on ollut virheellistä vanhassa sovelluksessa. Päänäkymän keskeiset toiminnot, kuten yhdistäminen ja tietojen näyttäminen, ovat olleet pienimpiä elementtejä, kun taas yrityksen logo ja toissijaiset painikkeet ovat olleet suuria. Tämä virheellinen mittakaavan käyttö on myös heikentänyt visuaalista hierarkiaa, koska suurella koolla korostetut logo ja painikkeet ovat kiinnittäneet käyttäjän huomion ensisijaisesti niihin, mikä jättää päänäkökuvan tärkeät toiminnot vähemmälle huomiolle. Lisäksi Connect-painikkeen ja anturin arvojen kontrasti ei ole ollut riittävä, koska niitä ei ole korostettu värillä eikä koolla, mikä tarkoittaa, että kontrastin tekniikkaa ei ole hyödynnetty oikein. Yleisesti ottaen suurin ongelma tässä näkymässä on ollut sopimaton koon ja värien käyttö, joka on ohjannut käyttäjän huomion pois päätoiminnoista ja toissijaisiin elementteihin.

Järjestelmän ulkopuolisen yhdenmukaisuuden näkökulmasta käyttöliittymä kohtaa ongelmia. Esimerkiksi "AIR QUALITY INDEX" -elementti, joka ulkoasultaan muistuttaa painiketta, on itse asiassa linkki verkkosivustolle. Yleisesti hyväksytty tapa esittää linkki olisi käyttää alleviivattua tekstiä. Tämän elementin samankaltaisuus "MEASUREMENTS" ja "INFORMATION" -painikkeiden kanssa hämää käyttäjän ymmärrystä sen toiminnasta ja rikkoo sovelluksen sisäistä



yhdenmukaisuutta. Lisäksi laitteen akun tilan esittäminen tekstinä, eikä yleisemmin käytettävänä kuvakkeena, rikkoo ulkoista yhdenmukaisuutta. Akun tilan kuvaaminen kuvakkeena olisi linjassa useimpien sovellusten käytäntöjen kanssa, mikä parantaa käyttöliittymän intuitiivisuutta ja selkeyttä.

Sovelluksen tarjoamat pienet artikkelit, jotka selventävät käyttäjälle erilaisten kaasujen ja pienhiukkasten merkityksiä, ovat hyvä lisä opastukseen, mutta niiden sijoittaminen toiseen näkymään lisää käyttäjän mentaalista kuormitusta, sillä tämä edellyttää tietojen muistamista. Jotta käyttökokemusta voitaisiin parantaa, olisi hyödyllistä integroida opastavat tekstit tiiviimmin osaksi päänäkömää tai tarjota ne kontekstuaalisesti siten, että tieto on saatavilla juuri silloin, kun käyttäjä sitä tarvitsee, mikä vähentää tarvetta vaihtaa näkymiä ja muistaa monimutkaisia tietoja.

Vaikka käyttöliittymä on suunniteltu minimalistiseksi, siinä on elementtejä ja toimintoja, jotka eivät ole välttämättä tarpeeksi keskeisiä päänäköymässä sijoitettaviksi. "MEASUREMENTS", "AIR QUALITY INDEX" ja "INFORMATION" -painikkeet voitaisiin siirtää toiseen paikkaan, jotta ne eivät hajaannuttaisi käyttäjän huomiota päänäköymän tärkeimmistä toiminnoista. Näiden elementtien sijoittaminen muualle auttaisi keskittämään käyttäjän huomion sovelluksen keskeisimpiin toimintoihin ja vähentämään käyttöliittymän visuaalista hälyä.

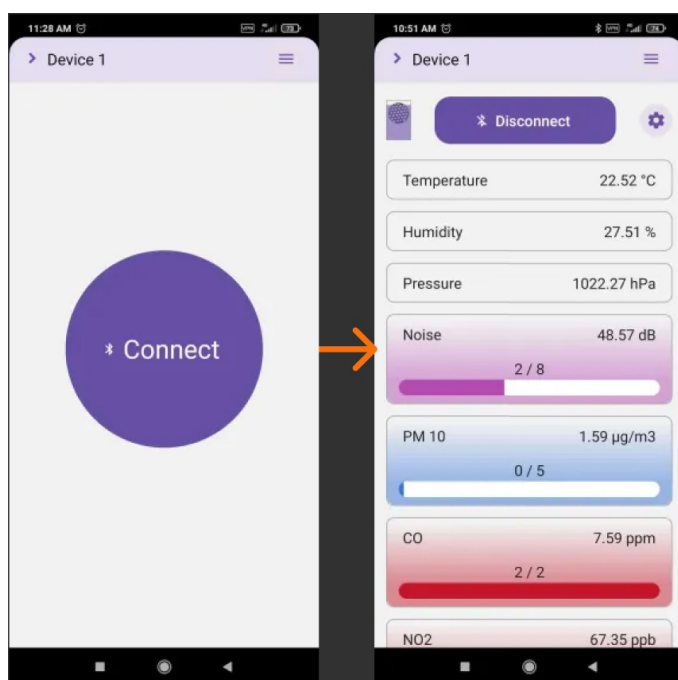
#### Päänäköymän parannukset

Päänäköymän löydettyjen virheiden perusteella voidaan luoda lista asioista, jotka voisivat parantaa näköymän ulkonäköä:

1. Korjata mittakaavan, visuaalisen hierarkian ja kontrastin käyttö suurentamalla "Connect"-painike ja mittausrakojen näyttöjä sekä pienentämällä logon ja muiden painikkeiden kokoa.
2. Noudattaa ulkoista yhdenmukaisuutta esittämällä linkit alleviivattuna tekstinä ja akun tilan yleisesti hyväksytyssä kuvakkeen muodossa.

3. Integroida opastavat tekstit osaksi päänäkymää tai tarjota ne kontekstuaalisesti vähentäen tarvetta vaihtaa näkymiä.
4. Siirtää vähemmän keskeiset elementit ja toiminnot pois päänäkymästä keskittäen käyttäjän huomion tärkeimpiin toimintoihin ja vähentäen visuaalista hälyä.

Uusi sovelluksen päänäkymä on esitetty kuvassa 18: vasemmalla on kuva ennen yhdistämistä laitteeseen ja oikealla näkymä sen jälkeen.



Kuva 18 Uuden sovelluksen päänäkymä.

Uudessa sovelluksessa on yksinkertaistettu näkymä kuten yllä olevassa listassa kohdassa neljä oli jo mainittu. Nyt "Measurements"- ja "Information" -näkyymiin voidaan siirtyä päävalikosta, ja yrityksen logo on poistettu kokonaan.

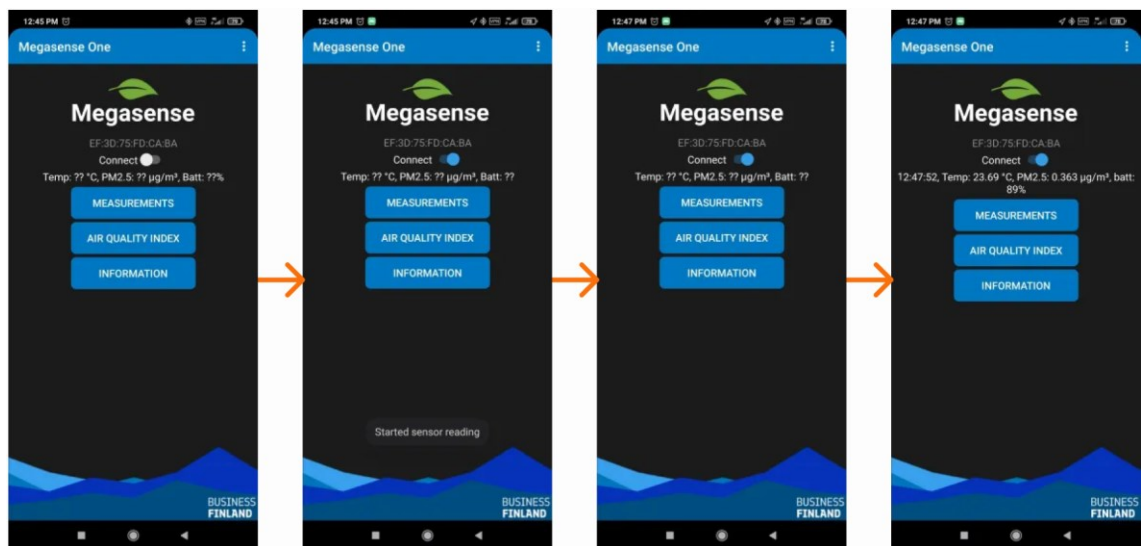
Listan ensimmäinen kohta on toteutettu suurentamalla "Connect"-painiketta, jolloin se kiinnittää käyttäjän huomiota heti. Kun sovellus on yhdistetty laitteeseen, "Connect"-painike muuttuu "Disconnect"-painikkeeksi. Myös näkymän ulkoasu eroaa huomattavasti eri tiloissa, mikä helpottaa käyttäjän ymmärrystä sovelluksen tilasta ja parantaa järjestelmän näkyvyyttä.

Opastustekstit, jotka selventävät kaasujen ja pienhiukkasten merkitystä, ovat saatavilla painamalla halutun arvon korttia. Lisäksi mittausarvoille on lisätty väri-indikaattori sekä mittausarvon taso ja palkki, jotka kuvaavat ilman saastumisen astetta WHO:n suositusten mukaisesti. Näin käyttäjille selitetään eri mittausarvojen merkitykset, kuten listan kolmannessa kohdassa on suunniteltu.

## 7.2 Anturilaitteeseen yhdistämisprosessi

Sovelluksen päänäköymä mahdollistaa käyttäjälle anturilaitteen yhdistämisen Bluetooth-yhteyden kautta. Yhteyden muodostaminen on teknisesti monivaiheinen prosessi, mikä tekee siitä haastavan. On olennaisen tärkeää tarjota käyttäjälle selkeät ohjeet yhteyden muodostamiseen. Koska yhteyden muodostamisprosessi voi kestää jonkin aikaa ja sisältää useita vaiheita, on tärkeää visualisoida nämä vaiheet käyttäjälle. Lisäksi mahdollisesti ilmenevistä yhteysvirheistä on annettava käyttäjälle selkeät toimintaohjeet virhetilanteiden korjaamiseksi.

Yhdistämisprosessi vanhassa sovelluksessa on esitetty kuvassa 19.



Kuva 19 Vanhan sovelluksen yhdistämisprosessi.

Vanhassa sovelluksessa yhdistämisen eri vaiheita ei näytetä käyttäjälle selkeästi, mikä heikentää käytettävyyttä. Kuten kuvassa 19 havaitaan, käyttöliittymässä tapahtuu vain vähäisiä muutoksia prosessin aikana. Ainoat merkinnät

tilasta ovat teksti "Started sensor reading", kun "Connect"-painiketta painetaan, ja mittausarvojen ilmestyminen näytölle yhdistämisen onnistuttua. Yhdistämisprosessi kestää noin 40 sekuntia, mikä voi tuntua pitkältä ajalta käyttäjältä, jolloin hän saattaa epäillä virhettä ja yrittää uudelleenkäynnistää sovelluksen tai laitteen. Nämä seikat viittaavat siihen, että sovelluksen tila ei ole käyttäjälle riittävän selkeästi esillä.

Päänäkymältä puuttuu ohjeistus yhteyden muodostamiseen, eikä ole itsestäänselvää, että laite yhdistetään Bluetooth-yhteydellä. Käyttäjälle ei ole kerrottu, että hänen on otettava Bluetooth ja sijaintipalvelut käyttöön puhelimen asetuksista. Vaikka ohjeet ovat löydettävissä "About"-näkymästä, niiden puuttuminen päänäkökentästä – siellä, missä niitä eniten tarvitaan – aiheuttaa epäselvyyttä sovelluksen käytössä.

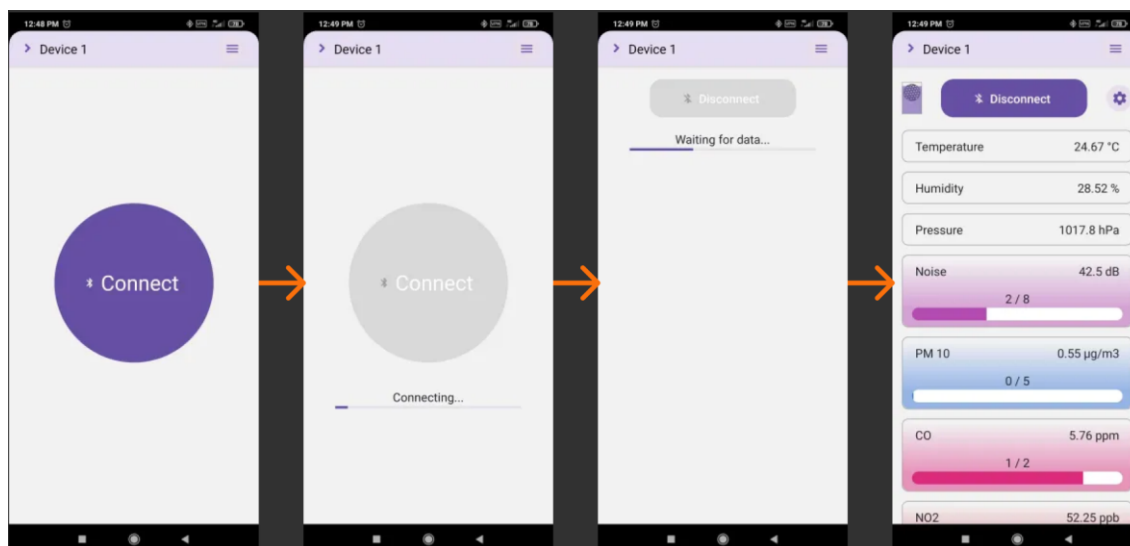
Yhdistämisprosessin aikana tapahtuvia virheitä ei vanhassa sovelluksessa ilmoiteta selkeästi, eikä sovellus tarjoa ohjeita virhetilanteiden selvittämiseksi. Käyttäjän on yritettävä ratkaista ongelmat itse tai ottaa yhteyttä tukipalveluun, mikä vaikuttaa negatiivisesti sovelluksen käytettävyyteen.

#### Yhdistämisprosessin parannukset

Yllä mainitut ongelmat yhdistämisprosessissa saa ratkaista seuraavasti:

1. Parantaa yhdistämisen eri vaiheiden näkyvyyttä selkeillä indikaattoreilla ja animaatioilla, jotka ilmaisevat prosessin etenemistä.
2. Tarjota päänäkökentässä selkeä ohjeistus Bluetooth-yhteyden muodostamiseksi, mukaan lukien Bluetoothin ja sijaintipalveluiden käyttöönoton tarve.
3. Näyttää virheilmoitukset ja ohjeet virhetilanteiden ratkaisemiseksi yhdistämisen aikana.

Uusi yhdistämisprosessi on esitetty kuvassa 20, jossa käyttäjälle ilmoitetaan jokaisesta vaiheesta selkeästi.



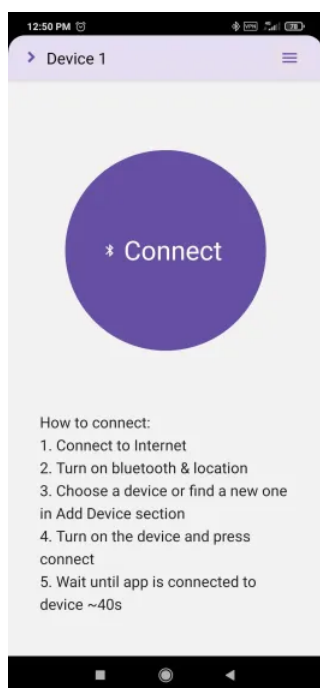
Kuva 20 Uuden sovelluksen yhdistämisprosessi.

Tässä esitetty yhdistämisprosessi uudessa sovelluksessa tarjoaa käyttäjille selkeän ja ymmärrettävän kokemuksen. Prosessin neljä vaihetta – ”ei yhdistetty”, ”yhdistäminen”, ”tietojen odottelu” ja ”yhdistetty onnistuneesti” – sekä välivaiheiden selkeä teksti ja edistymispalkki, parantavat merkittävästi käyttäjäkokemusta. Onnistuneen yhdistämisen visuaalinen muutos näytössä vahvistaa vielä käyttäjän ymmärrystä prosessin tilasta. Näin ollen käyttäjien on helpompi seurata yhdistämisen etenemistä ja ymmärtää, kun yhteys laitteeseen on muodostettu onnistuneesti.

Käyttämällä edistymispalkkia ja Bluetooth-kuvaketta yhdistämisprosessissa, sovellus noudattaa ulkoisen yhdenmukaisuuden heuristiikkaa, mikä tekee toiminnoista intuitiivisia ja helposti tunnistettavia käyttäjille. Edistymispalkki tarjoaa visuaalista palautetta prosessin edistymisestä, ja Bluetooth-kuvake viestii selkeästi yhteyden muodostamisen teknologiasta. Tällaiset yleisesti tunnistettavat elementit vähentävät käyttäjien oppimiskynnystä ja parantavat kokonaiskäyttökokemusta tehden sovelluksen käytöstä sujuvampaa ja miellyttävämpää.

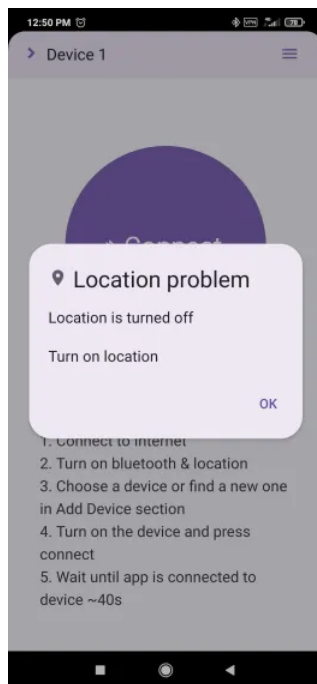
Toinen listan kohde on ohjeistuksen puute. Käyttöliittymässä on tärkeää tarjota ohjeistusta juuri oikealla hetkellä. Uusi sovellus toteuttaa tämän periaatteen esittämällä selkeän toimintaohjeiden listan, kun käyttäjä kohtaa ongelman yhdistämisprosessin aikana, esimerkiksi, jos Bluetooth tai sijaintipalvelut ovat pois

päältä tai laitetta ei löydy. Tämä lähestymistapa vähentää käyttäjän hämmennystä ja parantaa kokemusta, sillä virhetilanteessa käyttäjä saa heti tarvitsemansa tiedon, miten toimia. Tämä ratkaisu yhdistää päänäkömman minimalistisen ulkonäön ja käyttäjän avustamisen, mikä välttää päänäkömman ylikuormittamista, kun virhe ei sattunut. Kuvassa 21 on esitetty päänäkömman sen jälkeen, kun virhe on tapahtunut.



Kuva 21 Päänäkymä virheen sattuessa.

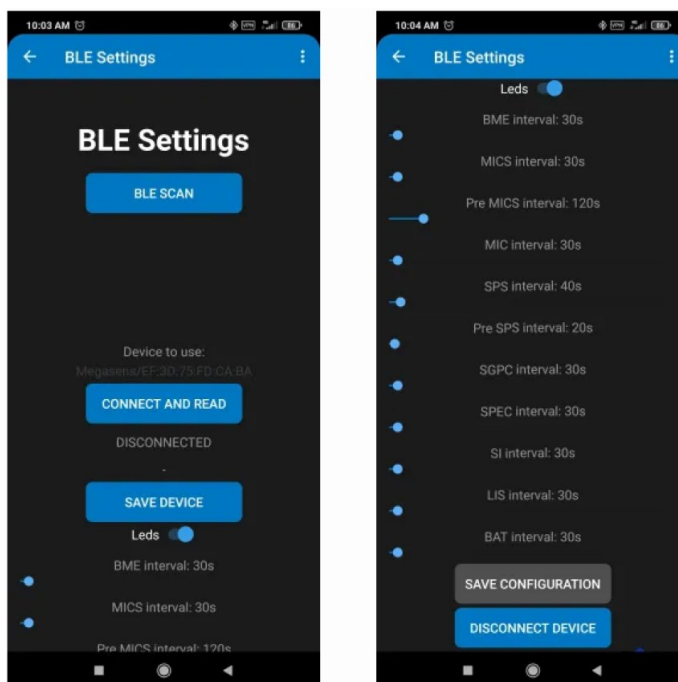
Vanhassa sovelluksessa käyttäjälle ei ilmoiteta, kun virhe on sattunut niin kuin listan kolmannessa kohdassa on kirjoitettu. Uusi sovellus näyttää käyttäjälle, jos jotain on epäonnistunut, sekä tarjoaa ratkaisun ongelmaan, toisin sanoen vastaa kysymyksiin, mitä on tapahtunut ja miten korjataan. Virheilmoitus näytetään ikkunassa niin kuin kuvassa 22 on esitetty:



Kuva 22 Virheilmoitusikkuna.

### 7.3 Uuden laitteen lisäämisprosessi

Ennen kuin käyttäjä voi yhdistää laitteeseen, hänen on ensin lisättävä laite puhelimen muistiin. Vanhassa sovelluksessa laitteen lisääminen onnistuu "BLE Settings" -näkyssä, josta löytyy myös anturilaitteen asetuksia. Näkymä on esitetty kuvassa 23.



Kuva 23 Vanhan sovelluksen "BLE Settings" -näkymä.

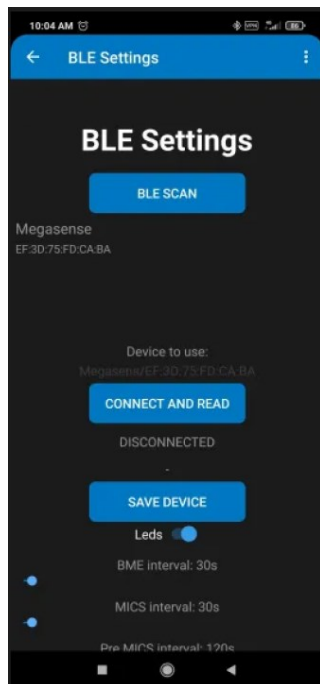
"BLE Settings" -näkymässä on monia asetuksia, jotka eivät välttämättä ole tarpeellisia tavalliselle käyttäjälle. Asetuksista voidaan säätää, kuinka usein anturi-laite lähettää tietoja eri antureistaan, ja oletusarvoisesti tämä tapahtuu 30 sekunnin välein, mikä on riittävän usein, koska anturiarvot eivät käytännössä muutu niin nopeasti. Lisäksi käyttäjän on tiedettävä, mikä anturi mittaa mitäkin arvoa, koska näkymässä näytetään vain anturien nimet. Koska uuden laitteen lisääminen on toiminto, jonka uusi käyttäjä todennäköisesti suorittaa ensimmäisenä ennen sovelluksen käyttöä, olisi järkevää yksinkertaistaa näkymää erottamalla uuden laitteen lisäämisen toiminto selkeämmin anturilaitteen asetuksista, jotta se ei lisäisi uusien käyttäjien mentaalista kuormitusta.

Näkymän otsikko "BLE Settings" on esitetty suurella fonttikoolla, mikä mittakavaatekniikkaa käyttäen korostaa sitä, että käyttäjä on asetusten näkymässä. Tämä tieto kuitenkin toistuu myös navigointipalkissa, eikä se ole niin keskeinen tieto, että sen korostaminen olisi tarpeellista.

Uuden laitteen lisäämisprosessi voisi olla selkeämpi erityisesti uusille käyttäjille. Nykyisessä prosessissa käyttäjän on ensin painettava "BLE SCAN" -painiketta



ja sen jälkeen valittava haluttu laite löydettyistä laitteista listasta, kuten kuvassa 24 on esitetty.



Kuva 24 Uuden laitteen lisääminen vanhassa sovelluksessa.

Kun laite on valittu, käyttäjän on painettava "CONNECT AND READ" -painiketta. Kuten kuvassa 24 havaitaan, laitteen kortti ja "CONNECT AND READ" -painike sijaitsevat kaukana toisistaan. Gestalt-periaatteiden mukaan lähellä toisiaan olevat objektit mielletään kuuluviksi yhteen. Tämä voi aiheuttaa, että käyttäjä ei heti ymmärrä, että "CONNECT AND READ" -painike liittyy laitteen liittämiseen, varsinkin kun näkymä sisältää monia muita asetuksia.

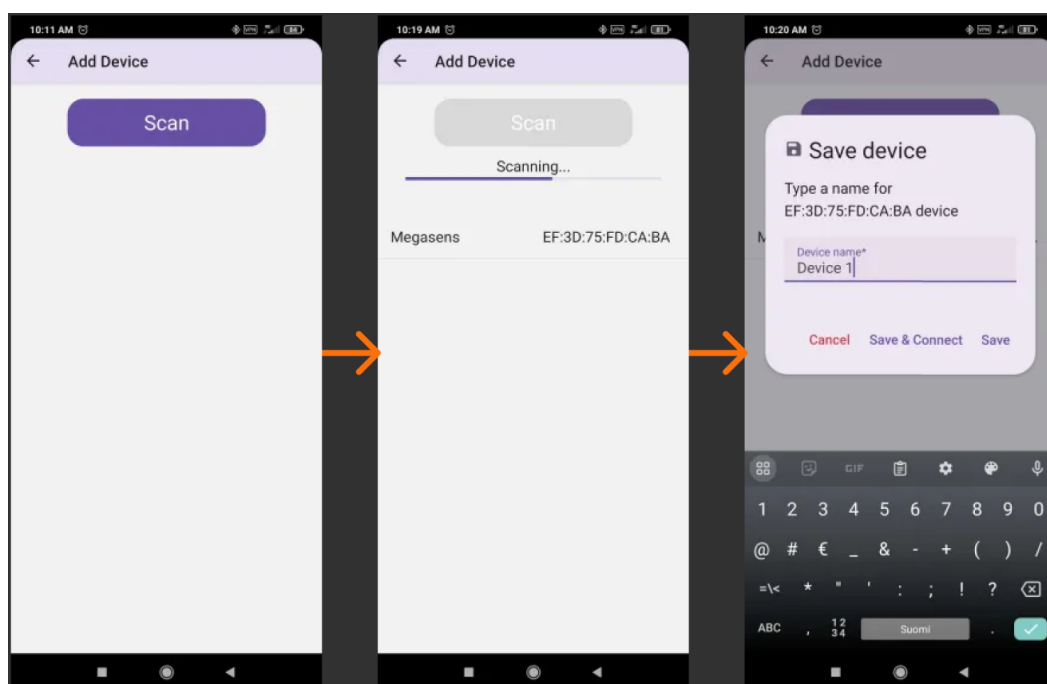
#### Uuden laitteen lisäämisprosessin parantaminen

Vanhassa sovelluksessa laitteen lisäämisprosessin löydettyjen ongelmien perusteella voidaan luoda lista mahdollisista parannuksista:

1. Erottaa uuden laitteen lisäämisen toiminto anturilaitteen asetuksista vähentäen uusien käyttäjien mentaalista kuormitusta.

2. Pienentää "BLE Settings" -näytön otsikon fonttikokoa tai poistaa sitä kokonaan, koska tieto toistuu navigointipalkissa ja ei ole keskeinen.
3. Tehdä uuden laitteen lisäämisprosessi selkeämmäksi ohjeistamalla käyttäjää vaihe vaiheelta.

Uudessa sovelluksessa laitteen lisääminen on viety erilliselle näkymälle niin kuin listan ensimmäisessä kohdassa on mainittu. Prosessi on esitetty kuvassa 25.

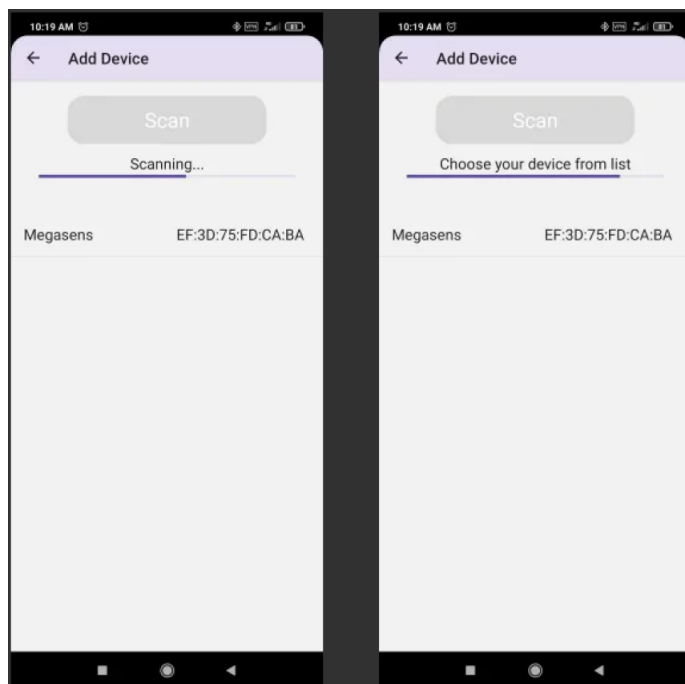


Kuva 25 Uuden laitteen lisäämisprosessi.

Uuden laitteen saa lisätty painamalla "Scan"-painiketta, joka aloittaa skannausprosessin ja etsii lähellä olevia anturilaitteita. Sen jälkeen käyttäjä voi valita halutun laitteen listasta painamalla sen korttia. Sitten käyttäjälle näytetään tallennusikkuna, jossa käyttäjä voi antaa halutun nimen valitulle laitteelle ja painaa "Save"-painiketta. Tätä nimeä voidaan käyttää myöhemmin helpottamaan laitteiden erottamista keskenään.

Uusi lisäämisprosessin näkymä on yksinkertaistettu, mikä tekee navigoinnista käyttäjälle helpompaa. Käyttöliittymä on suunniteltu minimalistiseksi, millä

rajoitetaan käyttäjän valintoja ja ehkäistään mahdollisia virheitä ohjaamalla käyttäjää vaiheittain kuten listan kolmannessa kohdassa on mainittu. "Scan"-painikkeen alla käyttäjälle näytetään edistymispalkki, joka mahdollistaa skannauksen tilan seuraamisen. Lisäksi käyttäjälle annetaan selkeät ohjeet laitteen valitsemiseksi listasta, kuten kuvassa 26 on esitetty.



Kuva 26 Skannausprosessi uudessa sovelluksessa.

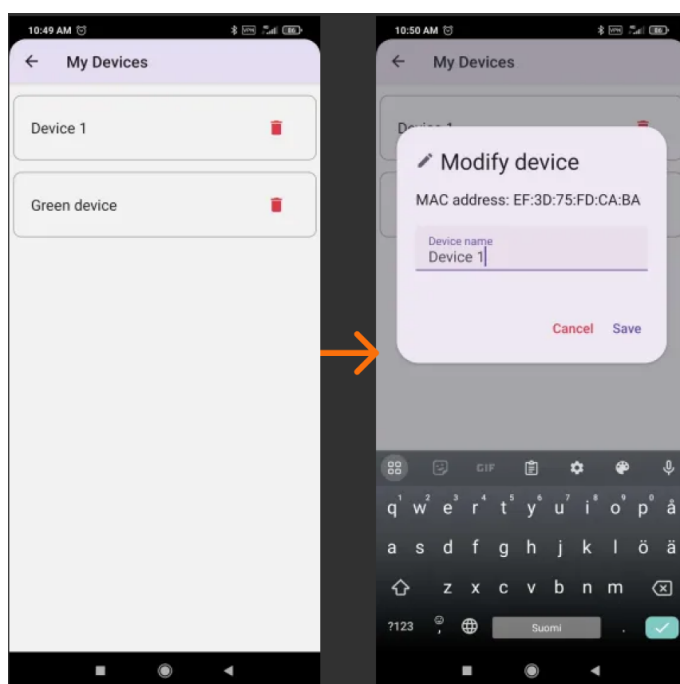
Uuden laitteen lisäämisprosessin suunnittelussa on hyödynnetty Nielsenin heuristiikoita, mikä on parantanut prosessin käytettävyyttä.

#### 7.4 Uuden sovelluksen muut näkymät ja toiminnot

Kuten aiemmin on mainittu, uusi sovellus sisältää useita päivityksiä ja lisäominaisuuksia, jotka eroavat vanhan sovelluksen toteutuksesta tai jotka ovat kokonaan uusia toimintoja. Tämä luku on vertailu, joka antaa yleiskatsauksen niistä ominaisuuksista, jotka on päivitetty tai lisätty uuteen sovellukseen tarjoten parannettua käyttökokemusta ja lisäarvoa käyttäjille.

### 7.4.1 "My Devices" -näkymä

Uudessa sovelluksessa käyttäjät voivat tallentaa useita anturilaitteita ja hallita niitä "My Devices" -näkymän kautta, mikä on esitetty kuvassa 27. Tämä monilaitetuki tarjoaa merkittävän parannuksen verrattuna vanhaan sovellukseen, joka sallii vain yhden laitteen tallentamisen kerrallaan. Tämän uudistuksen myötä sovellus muuttuu monipuolisemmaksi ja käytännöllisemmäksi käyttäjille, jotka hyödyntävät useita anturilaitteita samanaikaisesti.

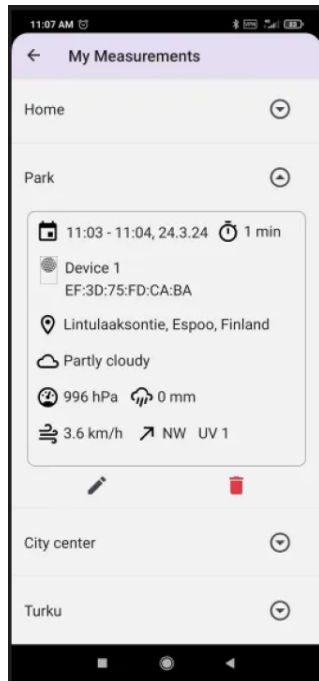


Kuva 27 "My Devices" -näkymä.

### 7.4.2 "My Measurements" -näkymä

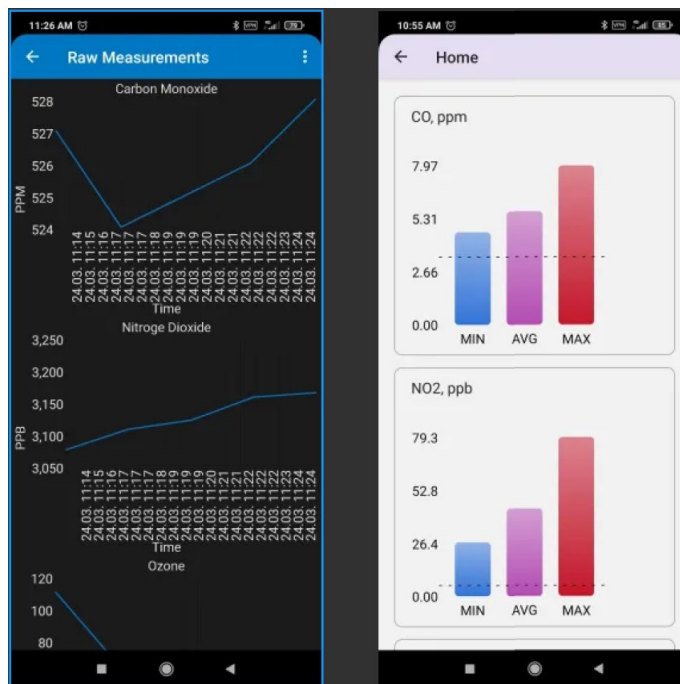
Uudessa sovelluksessa on parannettu mittaussessioiden esittämistä käyttäjälle. Vanhassa sovelluksessa ainoa tapa esittää edelliset mittaukset ovat aikakaavio, joka näytti 20 viimeisintä mittausta, eikä niitä ollut mahdollista järjestää sessioittain. Oletuksena anturilaitte tekee kaksi mittausta minuutissa, joten vanha sovellus mahdollistaa vain viimeisimpien kymmenen minuutin mittaukset. Uudessa sovelluksessa käyttäjä voi luoda monta eri mittaussessiota ja järjestää niitä, esimerkiksi sessioiden osoitteen perusteella. Sovellukseen on lisätty "My

"Measurements" -näkymä, jossa käyttäjä voi tarkastella kaikkia tallennettuja mitaussessioita, antaa niille nimiä sekä tarkastella sessioiden perustietoja, kuten päivämäärää, kestoä, osoitetta ja sääolosuhteita. "My Measurements" -näkymä on esitetty kuvassa 28.



Kuva 28 "My Measurements" -näkymä.

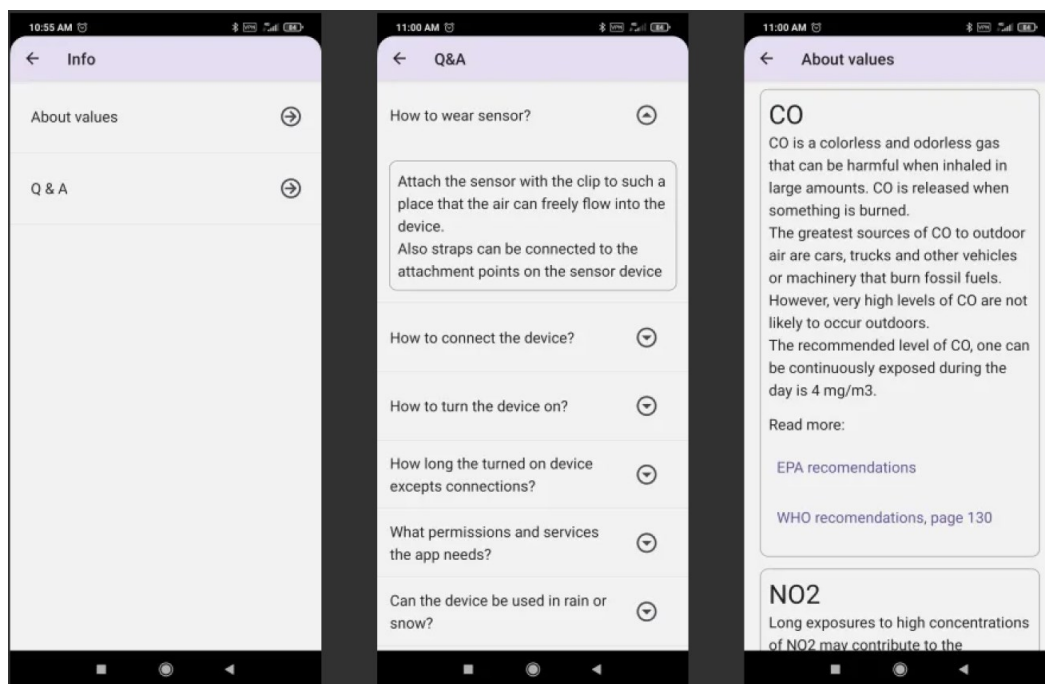
Uudessa sovelluksessa on otettu käyttöön pylväsdiagrammit aikakaavioiden sijaan. Vanhan ja uuden sovelluksen kaavioiden näkymät on esitetty kuvassa 29.



Kuva 29 Vanhan ja uuden sovellusten kaavioiden näkymät.

### 7.4.3 "Info"-näkymä

Uudessa sovelluksessa ohjeet ja lisätiedot mittausarvoista on koottu yhteen näkymään, mikä helpottaa niiden löytämistä. Vanhassa sovelluksessa nämä tiedot sijaitsivat eri paikoissa. Kuvassa 30 on esitetty uuden sovelluksen "Info"-näkymä sekä usein kysytyt kysymykset ja kuvaus mittausarvoista.



Kuva 30 Uuden sovelluksen ohjeistusnäkymät.

## 8 Yhteenveto

Tämän työn tavoitteena oli perehdyttää lukijoita käyttöliittymäsuunnitteluun ja kertoa, miten voidaan välttää virheet käytettävyydessä, jotka tuovat vaikeuksia ja epäselvyyksiä sovelluksen käyttäjille. Päämotivaatio työn tekemiseen oli MegaSense-yrityksen olemassa olevan mobiilisovelluksen käyttöliittymä, josta oli löydetty erilaisia puutteita.

Työn lopputuloksena tuli kattava kertomus käytettävyydestä sovelluksissa sekä uusi mobiilisovellus, joka korjaa löydettyjä heikkouksia käyttöliittymässä ottaen huomioon vanhan sovelluksen palautteet. Sovelluksen ulkonäkö oli virkistetty, jotta se vastaa nykyaikaisiin standardeihin ja käyttäjien odotuksiin sovelluksista. Myös sovelluksen toimintoja oli laajennettu.

Kaikki asetetut työn tavoitteet oli saavutettu. Sovellusta ja anturilaitetta voidaan käyttää tulevilla hankkeilla, joissa on tarvetta kerätä ilmanlaatu tietoja, esimerkiksi opetuksessa tai ilmanlaatu monitoroinnissa. Sovellusta on mahdollista jatkokehittää lisäämällä uusia toimintoja, esimerkiksi lisäämällä edistyneimpiä

mittausarvojen kaavioita tai mahdollistamalla muutaman laitteen yhdistäminen samanaikaisesti.



## Lähteet

- 1 About MegaSense. Verkkoaineisto. Helsingin yliopisto. <<https://www.helsinki.fi/en/researchgroups/sensing-and-analytics-of-air-quality/about-megasense>>. Luettu 10.2.2024.
- 2 Ilmari – ilmastoviisas liikkuja. Verkkoaineisto. Helsingin kaupunki. <<https://www.hel.fi/fi/kaupunkiymparisto-ja-liikenne/ympariston-ja-luonnon-suojelu/ymparistokasvatus-ja-luontokeskus/ilmari-ilmastoviisas-liikkuja>>. Luettu 10.2.2024.
- 3 Churchville, Fred. 2021. User Interface (UI). Verkkoaineisto. Tech Target. <<https://www.techtarget.com/searchapparchitecture/definition/user-interface-UI>>. Päivitetty 9.2021. Luettu 13.2.2024.
- 4 Types of User Interfaces. Verkkoaineisto. Alan AI. <<https://alan.app/blog/types-of-user-interface/>>. Luettu 13.2.2024.
- 5 Usability. Verkkoaineisto. Interaction Design Foundation. <<https://www.interaction-design.org/literature/topics/usability>>. Luettu 13.2.2024.
- 6 To Remember Long Numbers More Easily, Try Chunking Techniques. 2014. Verkkoaineisto. Memory Improvement Tips. <<https://www.memory-improvement-tips.com/remember-numbers-by-chunking.html>>. Päivitetty 11.6.2020. Luettu 13.2.2024.
- 7 User Experience (UX) Design. Verkkoaineisto. Interaction Design Foundation. <<https://www.interaction-design.org/literature/topics/ux-design>>. Luettu 14.2.2024.
- 8 Stevens, Emily. 2022. Visual Design vs. UI Design: What's the Difference? Verkkoaineisto. UX Design Institute. <<https://www.uxdesigninstitute.com/blog/visual-design-vs-ui-design/>>. 23.11.2022. Luettu 14.2.2024.
- 9 Gordan, Kelley. 2020. 5 Principles of Visual Design in UX. Verkkoaineisto. Nielsen Norman Group. <<https://www.nngroup.com/articles/principles-visual-design/>>. 1.3.2020. Luettu 18.2.2024.
- 10 Nielsen, Jacob. 1994. 10 Usability Heuristics for User Interface Design. Verkkoaineisto. Nielsen Norman Group. <<https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>>. Päivitetty 30.1.2024. Luettu 18.2.2024.
- 11 Babich, Nick. 2020. 4 Ways To Communicate the Visibility of System Status in UI. Verkkoaineisto. Medium. <<https://uxplanet.org/4-ways-to-communicate-the-visibility-of-system-status-in-ui-14ff2351c8e8>>. 28.4.2020. Luettu 18.2.2024.

- 12 Kaley, Anna. 2018. Match Between the System and the Real World (Usability Heuristic #2). Verkkoaineisto. Nielsen Norman Group. <<https://www.nngroup.com/articles/match-system-real-world/>>. 1.7.2018. Luettu 20.2.2024.
- 13 Gorasia, Harsh. 2020. Heuristics #3: User Control & Freedom-Simplified by the examples. Verkkoaineisto. Medium. <<https://uxplanet.org/heuristics-3-user-control-freedom-simplified-by-the-examples-aff544b581f0>>. 6.8.2020. Luettu 21.2.2024.
- 14 Rosala, Maria. 2020. User Control and Freedom (Usability Heuristic #3). Verkkoaineisto. Nielsen Norman Group. <<https://www.nngroup.com/articles/user-control-and-freedom/>>. 29.11.2020. Luettu 22.2.2024.
- 15 Krause, Rachel. 2021. Maintain Consistency and Adhere to Standards (Usability Heuristic #4). Verkkoaineisto. Nielsen Norman Group. <<https://www.nngroup.com/articles/consistency-and-standards/>>. 10.1.2021. Luettu 22.2.2024.
- 16 Bowman, Jordan. How Designers Can Prevent User Errors. Verkkoaineisto. UX Tools. <<https://uxtools.co/blog/how-designers-can-prevent-user-errors/>>. Luettu 25.2.2024.
- 17 Budiu, Raluca. 2024. Memory Recognition and Recall in User Interfaces. Verkkoaineisto. Nielsen Norman Group. <<https://www.nngroup.com/articles/recognition-and-recall/>>. 15.1.2024. Luettu 29.2.2024.
- 18 Neusesser, Tim; Sunwall, Evan. 2023. Error-Message Guidelines. Verkkoaineisto. Nielsen Norman Group. <<https://www.nngroup.com/articles/error-message-guidelines/>>. 14.5.2023. Luettu 29.2.2024.
- 19 Joyce, Alita. 2020. Help and Documentation (Usability Heuristic #10). Verkkoaineisto. Nielsen Norman Group. <<https://www.nngroup.com/articles/help-and-documentation/>>. 13.12.2020. Luettu 2.3.2024.
- 20 About MegaSense. Verkkoaineisto. MegaSense. <<https://megasense.com/about-megasense/>>. Luettu 4.3.2024.