

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Media-alan koulutus

Kimmo Pukkila

TIEDON VISUALISOINTI JA KÄYTETTÄVYYS TEOLLISEN
INTERNETIN SOVELLUKSESSA

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2018



OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2018
Media-alan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä(t)
Pukkila Kimmo

Nimeke
Tiedon visualisointi ja käytettävyys teollisen internetin sovelluksessa

Toimeksiantaja Process Genius Oy

Tiivistelmä

Opinnäytetyö käsittelee datagrafiikkaa ja vuorovaikutusta toimeksiantajan kehittämässä teollisen internetin sovelluksessa. Tavoitteena oli uudistaa sovelluksessa käytettyjä tiedon visualisointeja, lisätä tiedon vertailtavuutta ja parantaa tiedon käytettävyyttä. Lopputuloksena muotoiltiin konseptitason ratkaisu, joka sisältää tarkoitukseen soveltuvat visualisointimallit ja niiden käyttöön liittyvät rautalankamallit.

Asiakaskyselyllä ja haastatteluilla hahmotettiin asiakasryhmää, sovelluksen käyttöympäristöä ja toimeksiantajan tarpeita. Benchmarking-vertailuanalyysillä tutkittiin, millaisia ominaisuuksia sovelluksessa voisi olla. Keskeisenä havaintona mobiililaitteiden ennakoitiin asiakasyrityksissä yleistyvän ja korvaavan paperitulosteet seuraavan viiden vuoden kuluessa. Konsepti suunniteltiin mobiiliympäristöä varten. Vertailuanalyysissä tarkasteltiin paitsi web-sovelluksia myös 3D-peliä. Huomiota kiinnitettiin valikkoelementtien sommitteluun, jotta se tukisi sovelluksen käytettävyyttä ja siihen kuuluvaa tuotantotilan 3D-mallia.

Visualisointimallien valinta osoitti, että aikaulottuvuus on niissä keskeinen kriteeri. Tieto tulee tuotannosta jatkuvana virtana. Ratkaisujen vieminen teollisuuteen edellyttää myös vaihtelevan käyttäjäkunnan huomioimista. Vaikka konseptissa kehitettiin toimintoja eri käyttäjäpersoonille, käyttäjätkimusta tulisi syventää käyttötapausten täsmentämiseksi. Jatkokehitystä tarvitaan toimintojen integroinnin ja muokattavuuden toteuttamiseksi sekä 3D-karttojen ja animoitujen grafiikoiden hyödyntämiseksi.

Kieli
suomi

Sivuja 65
Liitteet 4
Liitesivumäärä 12

Asiasanat
informaatiomuotoilu, käyttöliittymäsuunnittelu, diagrammit



THESIS
April 2018
Degree Programme in Media

Tikkarinne 9
FI 80200 JOENSUU
FINLAND
Tel. +350 13 260 600 (switchboard)

Author(s)
Pukkila Kimmo

Title
Data Visualization and Usability in an Industrial Internet Application

Commissioned by Process Genius Oy

Abstract

This thesis discusses data graphics and their interactivity in the context of industrial internet application developed by the commissioner. The aim was to improve the data visualizations, enabling more comparisons with data and enhancing the user experience for their customers. Ultimately a concept was formed, proposing a variety of visualization types and user interface wireframes.

The research phase consisted of a customer survey and interviews with the Process Genius staff. The gathered information was used to define the requirements and user personas for the concept. A key takeaway from the survey was the anticipated rise of mobile devices as a tool to monitor production, leading to mobile first design method. Furthermore, features of the concept were expanded with a benchmarking analysis. Other web applications and a 3D game were benchmarked, the latter influencing the layout of the concept as the application is based on game-like 3D backgrounds.

Choosing the visualization types, it was concluded that time is an integral dimension for streaming industrial data. Implementing industrial solutions also requires catering for a highly variable userbase. While the concept was aimed at different personas, deeper user research is needed to better define real use cases and develop more complete solutions. Further research into connecting data, and visualizing data with 3D maps and animation is proposed.

Language
Finnish

Pages 65
Appendices 4
Pages of Appendices 12

Keywords
information design, user interface design, diagrams

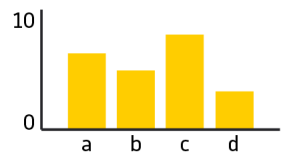
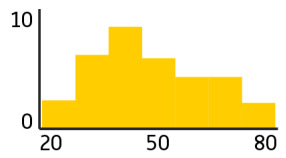
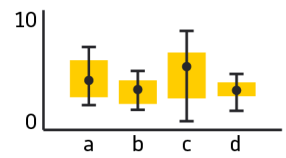
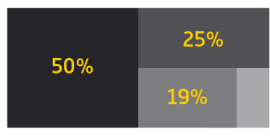
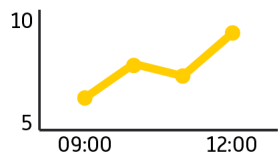
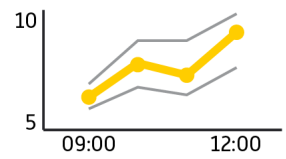
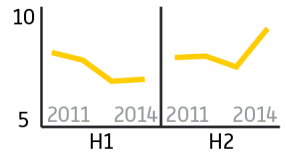
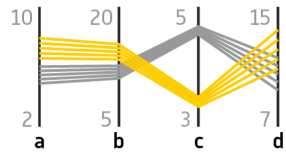

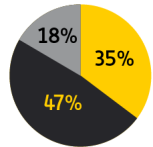
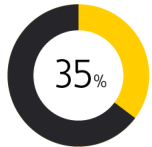
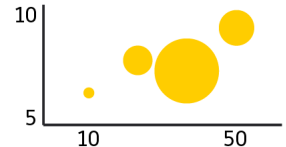
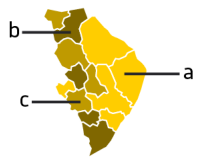
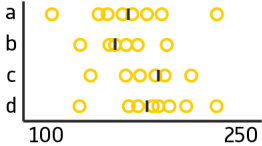
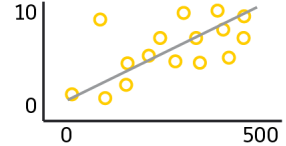
Sisältö

1	Johdanto	6
1.1	Opinnäytetyön toimeksianto ja tavoitteet	6
1.2	Tutkimusmenetelmät	7
1.3	Käsitteistä	8
2	Keskeinen tietoperusta	9
2.1	Tiedon visualisointi	9
2.2	Tiedon visuaalinen koodaaminen	12
2.3	Värit	15
2.4	Asteikko	17
2.5	Sovelluksen käytettävyyssuunnittelu	19
2.6	Havainnosta ja muistamisesta	21
2.7	Tietokone- ja mobiiliympäristön eroista.....	22
2.8	Vuorovaikutteiset visualisoinnit	24
2.9	Dashboard	25
3	Tutkimusaineisto	26
3.1	Kehitettävän sovelluksen lähtötilanne	26
3.2	Asiakaskyselyn tulokset.....	29
3.2.1	Taustatiedot ja seurantaan käytettävät välineet.....	29
3.2.2	Esitysmuotoja koskevat kysymykset.....	31
3.2.3	Käytettävyyttä koskevat kysymykset.....	32
3.2.4	Avoimet kysymykset	33
3.3	Benchmarking-vertailuanalyysi	34
3.3.1	Toteutus ja tavoitteet	34
3.3.2	Microsoft Power BI.....	34
3.3.3	Gapminder	36
3.3.4	Atrius Solution Builder	38
3.3.5	SimCity	39
4	Konseptisuunnittelu.....	41
4.1	Vaatimusmäärittely	41
4.2	Informaatioarkkitehtuuri ja käyttöliittymän luonnos	44
4.3	Kuvaajien valinta.....	47
4.4	Valmiin konseptin koostaminen	51
5	Tulokset	58
6	Pohdinta.....	60
6.1	Itsearviointi.....	60
6.2	Jatkokehitysmahdollisuudet	62
	Lähteet.....	63

Liitteet

Liite 1	Asiakaskyselyn tulokset
Liite 2	Eniten käytetyt suureet toimeksiantajan sovelluksessa
Liite 3	Kuvaajien soveltuvuuden arviointi toimeksiantajan sovellukseen
Liite 4	Valmiin konseptin rautalankamalli

Erikoissanasto: keskeiset kuvaajat raportissa

<p>Pylväskuvio (bar chart)</p> 	<p>Histogrammi (histogram)</p> 	<p>Janakuvio (box plot)</p> 
<p>Ruutupuu (treemap)</p> 	<p>Viivakuvio (line chart)</p> 	<p>Kaistakuvio (band chart)</p> 
<p>Jaksokuvaio (cycle plot)</p> 	<p>Rinnakkaiskoordinaatisto (parallel coordinates)</p> 	<p>Pienoisviivakuvio (sparkline)</p> 
<p>Piirakkakuvio (pie chart)</p> 	<p>Lävitetty piirakkakuvio (donut chart)</p> 	<p>Pallokuvio (bubble chart)</p> 
<p>Koropleettikartta (choropleth map)</p> 	<p>Nauhakuvio (strip plot)</p> 	<p>Parvikuvio (scatterplot)</p> 

Grafiikka: Kimmo Pukkila

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön toimeksianto ja tavoitteet

Opinnäytetyöni on työelämälähtöinen toiminnallinen projekti, jonka tavoitteena on toteuttaa käyttöliittymäkonsepti toimeksiantaja Process Genius Oy:lle. Käyttöliittymäkonseptia käsitellään erityisesti tiedon visualisoinnin ja visualisointien käytettävyyden näkökulmasta. Process Genius toteuttaa teollisen internetin sovelluksia, joilla tuotantoa seurataan reaaliaikaisesti. Sovelluksiin kuuluvat tuotantotilojen ja -prosessien 3D-mallinnus ("digital twin") sekä prosesseista kerättävä sensori- ja mittaritieto, joka piirretään kuvaajiksi. Sovellusten tarkoituksena on tarjota joustava ja helppokäyttöinen käyttöliittymä monista eri lähteistä tulevan tiedon seurantaan (Akkila 2017).

Process Geniusin ratkaisut ovat jo käytössä useilla yrityksillä. Asiakkaisiin lukeutuvat muun muassa Valmet, Metso, Fortum ja Mantsinen. Opinnäytetyössäni pyrin uudistamaan ratkaisussa käytettyjä tiedon visualisointeja ja niiden käytettävyyttä. Tarkastelen tarkoitukseen soveltuvia kuvaajia ja pyrin lisäämään tiedon vertailtavuutta. Perustan konseptin sekä laajaan tietoperustaan että itse kerättyyn tutkimusaineistoon.

Olen taustaltani viestinnän opiskelija, en insinööri. Tämän työn puitteissa ei käsitellä sovelluksen teknistä toteutusta, ratkaisun integrointia todelliseen tuotantoon tai käyttäjätestausta. Myös 3D-tehdasmallien toteutus ja karttavisualisointien yhdistäminen niihin on rajattu heti alussa konseptin ulkopuolelle. Karttapohjainen tiedon visualisointi on tärkeä rinnakkaismenetelmä kuvaajille, mutta sen mahdollisuuksien perinpohjaiseen selvittämiseen olisi syytä tehdä oma tutkimuksensa.

Opinnäytetyön toiminnallisessa osassa syntyy visualisointeja ja rautalankamalleja. Ne hahmottavat reaaliaikaisen mittaritiedon esittämistä sovelluksessa, kuvaajiin liittyviä vuorovaikutteisia elementtejä sekä ehdotettujen

ideoiden sijoittumista osaksi laajempaa sovellusta. Lähtökohtana on ollut konseptin sovellettavuus vähintään tietokone- ja tablettiympäristöissä.

1.2 Tutkimusmenetelmät

Konseptin kehitykseen sovelletaan pääasiassa laadullisia tutkimusmenetelmiä. Survey-muotoiseen asiakaskyselyyn liittyy toki määrällisiäkin piirteitä, mutta menetelmää sovelletaan tässä tapauksessa enemmän laadullisessa tarkoituksessa rajallisen otannan vuoksi. Kyselyn lisäksi haastattelin Process Geniusin omia asiantuntijoita. Havainnoin myös yhtä olemassa olevaa sovellusta toimeksiantajan luona. Muiden tietoa visualisoivien käyttöliittymien ominaisuuksia kartoitin benchmarking-vertailuanalyysillä. Kerättyä tutkimusaineistoa hyödyntämällä määrittelin lopulta kehitystyön vaatimukset ja muodostin oman konseptini.

Benchmarking-vertailuanalyysissä kehitettävää tuotetta verrataan joko suoraan tai epäsuorasti kilpaileviin tuotteisiin. Nivan & Tuomisen mukaan (2005, 12–17) se on osa benchmarking-menetelmien kirjoa, johon kuuluvat myös strateginen, osaamisen ja prosessien benchmarking. Tuote-benchmarkingin tavoitteena on saada oma tuote kilpailukykyisemmäksi tunnistamalla tuotevertailun avulla sekä omia vahvuuksia että tarjolla olevia kehittyneempiä ominaisuuksia. Vertailua suositellaan tehtäväksi erityisesti yrityksiin, jotka ovat kehityksessään pidemmällä, jotta jotain uutta voidaan oppia. Uusia ratkaisumalleja voidaan tunnistaa myös vertaamalla tuotetta oman alan ulkopuolella oleviin ratkaisuihin. Suositukset näkyvät valituissa vertailukohteissa, jotka eivät ole Process Geniusin lähimpiä kilpailijoita. Benchmarking-menetelmään liittyy myös riski: Kilpailuetua ei saavuteta sillä, että vastataan kilpailijoiden ominaisuuksiin. Hyvä tuote syntyy vastaamalla asiakkaan tarpeisiin, samalla vahvuuksiaan vahvistamalla ja heikkouksiaan korjaamalla. (Norman 2013, 166–178.)

Keräsin tietoa toimeksiantajan tavoitteista ja haasteista haastatteleamalla Process Geniusin johtoa ja suunnittelijoita avoimien tai puolistrukturoitujen kysymysten keinoin. Samalla hankin tietoa teollisen internetin kehityksestä ylipäättään.

Haastattelut on joko äänitetty tai niiden aikana on tehty kirjalliset muistiinpanot, joihin lähteissä viitataan. Survey-kyselyllä halusin puolestaan kartoittaa asiakasnäkökulmaa: missä ympäristössä Process Geniusin asiakkaat tuotetta käyttävät nyt ja tulevaisuudessa, mitä ratkaisutapoja pidetään kiinnostavimpina ja mitä esteitä digitalisaatiolle nähdään. Kyselyyn osallistui ja vastasi kuusi yritystä. Osa yrityksistä antoi kyselyssä luvan tarkentaville jatkokysymyksille. Kysely löytyy liitteestä 1.

Eettisyyden huomioin niin, että varmistin Process Geniusilta oikeuden opinnäytetyön tulosten julkaisuun, kerroin vastaajille kyselyn alussa selvästi kyselyn tarkoituksen ja tein vertailuanalyysiä pääosin julkisesti saatavilla olevien tietojen ja sovellusten pohjalta. Tällainen vertailuanalyysi ei edellytä kirjallisia sopimuksia niin kuin esimerkiksi yritysten toimintatapoihin liittyvät benchmarking-kumppanuudet (Niva & Tuominen 2005, 16–17, 105–108). Kuvakaappausten käyttöön on kuitenkin hankittu kirjallinen lupa.

1.3 Käsitteistä

Opinnäytetyöni aihe liittyy informaatiomuotoilun kenttään, johon kuuluu myös laadullisen tiedon visualisointia – esimerkiksi opasteiden suunnittelua. Tässä työssä viitataan visualisoinnilla kuitenkin ensisijaisesti kvantitatiiviseen dataan pohjautuvaan kuvaan ja sen luomisprosessiin. Tiedon visualisoinnin synonyyminä toimii datagrafiikka. Infografiikan käsitteen suhteen noudattelen Cairon (2013, xvi) tekemää käsitteellistä erotusta: Infografiikalla viitataan kuvaajaan, joka kertoo valitun näkökulman. Tiedon visualisoinnilla taas mahdollistetaan tiedon tutkiminen ja uusien näkökulmien esiin kaivaminen. Se on siis luonteeltaan ”eksploratiivista”.

Tiedon visualisoinnin käsitteet ovat usein monitulkintaisia eivätkä aina vakiintuneita. Erilaisia kuvaajista tai diagrammeista puhuttaessa saatetaan käyttää termejä ristiin paitsi englanniksi myös suomeksi, jossa merkittävän lisäkönnöksen asettaa luontevien käännösten löytäminen. Puhun datasta ja tiedosta melko lailla synonyymeinä. Samoin kuvioista, kuvaajista ja graafeista.

Vierastermeissä, kuten monissa kuviotyyppien nimissä, seuraan Koposen, Hildenin ja Vapaasalon esimerkkiä (2016, 364–369) aina kun mahdollista. Kirjan sanasto löytyy tarvittaessa verkosta (Tieto näkyväksi 2016).

Käytettävyyden käsitteeseen miellän nykyään kuuluvaksi myös käyttäjän käyttökokemuksen (user experience / UX). Sinkkosen, Nuutilan ja Törmän mukaan (2009, 18–19) ennen käytettävyydestä puhuttiin eri tarkoituksessa. Käytettävyys tarkoitti, että tuote tai palvelu on sujuva. Termi ei huomionnut käyttökokemusta, jota on alettu korostaa 2000-luvulla. Käyttökokemus viittaa siihen, miten käyttäjä tuotteen tai palvelun kokee käyttötilanteessa. Näiden termien tiedetään kuitenkin olevan tiukasti kytköksissä. Kuten Sinkkonen ym. toteavat (2009, 23), hyvästä käyttökokemuksesta huolehditaan huolehtimalla hyvästä käytettävyydestä, mutta katsomalla käytettävyyttä käyttäjän näkökulmasta. Tästä seuraa käyttäjälähtöinen suunnittelumenetelmä.

Teollisella internetillä viitataan tuotantolaitoksiin asennettujen, yhdistettyjen sensorien ja mittarien tietoverkkoon. Ilmiö liittyy esineiden internetiin, josta puhutaan julkisuudessa myös termeillä internet of things tai IoT. Sensoreiden välittämään tietoon liittyy lisäksi käsite big data, joka tarkoittaa suurien tietomassojen keräämistä, analysointia ja hyödyntämistä päätöksenteossa. Big datan ominaisuuksia ovat tiedon laajuus, moniulotteisuus ja keräysprosessin jatkuvuus, mikä kuvaa osuvasti teollisessa internetissä liikkuvaa dataa.

2 Keskeinen tietoperusta

2.1 Tiedon visualisointi

Kuvallisena genrenä tiedon visualisointi viittaa sellaiseen kuvatyyppiin, joka pohjautuu abstraktiin tilastotietoon tai muuten näkymättömissä oleviin ominaisuuksiin. Se kuvaa tietopisteiden välisiä suhteita, relaatioita, erilaisten visuaalisten koodausten keinoin. Siihen kuuluu usein myös selittävää tekstiä. Datagrafiikan suunnitteluvaiheessa keskeistä on pohtia, mitä vertailuja tietoon

halutaan mahdollistaa. Tiedon vertailtavuus kuuluu datagrafiikan ytimeen. Lopputuloksena syntyvän kuvan tulee myös olla tunnistettavissa tietografiikaksi ja kommunikoida tietoa vastaanottajalle mahdollisimman yksiselitteisessä muodossa. Näin se erottuu muun muassa monitulkintaisemmasta datataiteesta. (Koponen ym. 2016, 23–27.)

Vaikka datagrafiikoita käytetään monessa yhteydessä, todellinen tarve tiedon visualisoinnille syntyy vasta käsiteltäessä monimutkaisia, laajoja aineistoja, joiden merkitystä olisi vaivalloista ellei mahdotonta tulkita taulukkomuodossa. Yksinkertaisia muutaman tietopisteen aineistoja voisi vaivattomasti kuvata myös numeraalisesti. Laadukas datavisualisointi esittää monimutkaisen asian tiiviissä ja selkeälukuisessa muodossa. Samalla se välttää kiinnittämästä tarpeetonta huomiota itse kuvan toteutukseen ja kannustaa vastaanottajaa pohtimaan esityksen substanssia. (Tuft 2001, 13.)

Datavisualisointien esitystavassa kannattaa pyrkiä yksinkertaisuuteen ja selkeyteen, mutta ei varsinaista tietoa oikomalla. Kuvion on kuvattava tietoaineiston ominaisuuksia totuudenmukaisesti. Sen tulisi tehdä näkyväksi tietoaineistossa piileviä muutostrendejä ja kaavamaisuuksia – eli luoda vastaanottajalle puitteet nähdä tiedon merkitys mahdollisimman nopeasti ja vaivattomasti. (Cairo 2013, 78–79.)

Cairo korostaa erityisesti datagrafiikan funktionaalista perusluonnetta. Cairoille visualisoinnit ovat välineitä, joilla voidaan valaista ja vastata kysymyksiin, tai mahdollistaa ilmiöiden analyysyä. Datavisualisointien tulisi hänen mielestään olla substanssiltaan mahdollisimman syviä, mutta hän tunnistaa visualisoinnin muodon riippuvan myös siitä, mitä sillä halutaan saavuttaa ja millaiset valmiudet vastaanottajilla on tulkita tietoa. (Cairo 2013, 36–39, 59, 72–92.)

Tuften tunnetaan minimalistisena datagrafiikan pelkistäjänä. Hän kritisoi kuvioiden koristelua ja kuvioihin perinteisesti liitettyjä piirteitä, kuten akseliruudukkoa (grid). Hän kutsuu kuvioroinaksi kaikkia niitä piirteitä, jotka eivät kuviossa välitä olennaista tietoa. Pahimmillaan koristeelliset kuviot voivat vääristää tulkintaa. Esimerkiksi 3D-perspektiiviin piirrettyjä pylväskuvioita on vaikea tulkita. Tiheät

akseliruudukot ja hilaviivat puolestaan luovat visuaalista kohinaa, joka voi vaikeuttaa varsinaisen signaalin erottamista. Tufte osoittaa useissa esimerkeissään, miten klassiset pylväskuviot, parvikuviot ynnä muut voidaan karsia vähimpiin merkitseviin piirteisiin itse informaation siitä kärsimättä. (Tufte 2001, 107–137.) Eri asia tosin on, ovatko kuviot tällöin yhtä hyvin kohdeyleisön tunnistettavissa ja tulkittavissa – tai pysäyttävätkö ne katsojaa lainkaan.

Pelkistettyjen kuvioden etuna on, että ne sopivat hyvin myös kompaktiin kokoon. Yksi tuftelaisen minimalismin ilmentymistä on taloustiedon visualisoinneissa käytetty pienoisiivakuvio (sparkline), josta on esimerkki kuvassa 1. Tufte hahmotteli sen kirjoitetun sanan kaltaiseksi kuvaajaksi. Tufte on myös kehittänyt toistokuvion periaatteen. Toistokuvioilla mahdollistetaan monimuuttujaisen tiedon vertailu identtisen kokoisina rinnakkaisina kuvioina ilman tarvetta mahduttaa kaikkea samaan kuvioon. (Tufte 2001, 168–174.)

Country	2006 (million)	2016 (million)	
China	2,752,131.77	11,199,145.16	
United States	13,855,888.00	18,624,475.00	
European Union	15,405,419.70	16,487,344.36	

Kuva 1. Penoisiivakuvion käyttö taloustiedon yhteydessä. Kuvakaappaus Maailmanpankin sivuilta (World Bank 2017).

Toisaalta Tuften menetelmiä on myös kyseenalaistettu. Lähdekirjallisuudessa hänen vastakohtiksi nostetaan esimerkiksi humoristisista tietokuvituksista tunnettu Nigel Holmes sekä piktogrammeja ja yksikkösymbolikuvioita kehittänyt Isotype-ryhmä, joiden tyylilliset vaikutukset näkyvät vahvimmin infografiikoissa ja uutiskuvituksissa. (Cairo 2013, 61–72; Koponen ym. 2016, 201–209).

Brasseurin (2003, 23–25) mukaan tiedon visualisointiin pitäisi genrenäkin suhtautua kriittisemmin. Hänen mukaansa datagrafiikan oppi-isien seuraaminen on jättänyt varjoonsa mahdollisesti paremmin ymmärrettäviä kuvallisen esittämisen muotoja. Anja Hatvan väitöstutkimuksen mukaan (2009, 357) kuvan

estetiikallakin on väliä, sillä pienet ja mustavalkoiset kuvat eivät herätä huomiota ja unohtuvat isoja ja näyttäviä kuvia herkemmin.

Lähdekirjallisuuden perusteella laadukas tiedon visualisointi näyttää lopulta melko suhteelliselta käsitteeltä. Tuftelainen ”kuvioroinan” välttäminen on järkevää tiettyyn pisteeseen asti, mutta samalla datagrafiikan suunnittelussa tulisi huomioida esityksen laajempi konteksti, kohdeyleisö ja viestinnälliset tavoitteet. Yhteenvetona edellä mainitusta, hyvään visualisointiin ajattelen kuuluvan ainakin seuraavat ominaisuudet:


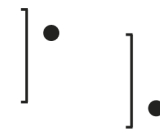




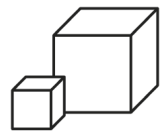
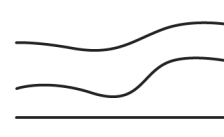


- Visualisointi perustuu eheään aineistoon ja esittää aineiston piirteet totuudenmukaisesti.
- Visualisointi mahdollistaa tiedon käsittämisen ja vertailun omassa kontekstissaan.
- Visualisoinnin toteutustapa on elegantti, mutta se ei kilpaile tiedon kanssa huomiosta.
- Visualisoinnin kohteena on ilmiö tai näkökulma, joka on merkityksellinen ja kuvallisen esittämisen arvoinen.

2.2 Tiedon visuaalinen koodaaminen

Tiedon visuaalinen koodaaminen on prosessi, jossa data liitetään kuvallisiin piirteisiin halutun viestin välittämiseksi tai analyysin mahdollistamiseksi. Prosessin tuloksena syntyy jokin kuvio. Jos kuviot pilkotaan perusosiin, ne muodostuvat visuaalisista merkeistä ja määrällisistä ominaisuuksista. Merkkejä ovat pisteet, viivat, kaksiulotteiset alueet sekä kolmiulotteiset muodot. Määrällisiä ominaisuuksia puolestaan ovat sijainti, koko, kulma, lukumäärä, värin tummuus ja kylläisyys, tekstuuri sekä liike. Lisäksi on olemassa kategorisia ominaisuuksia, kuten värisävy ja symbolinen muoto, sekä suhteellisia ominaisuuksia, kuten kahden tai useamman merkin välinen visuaalinen yhteys. Visuaalista koodausta voidaan lähestyä alhaalta ylöspäin tai ylhäältä alaspäin: merkeistä kuvioihin tai kuvioista merkkeihin. (Kirk 2016, 151–157.)

Kartografi Jaques Bertin nimitti koodauksen mahdollistavia keinoja visuaalisiksi muuttujiksi (Koposen ym. 2016, 94 mukaan). Hän oli esittänyt jo 1960-luvulla, että kuviot koostuvat useista pienemmistä yksiköistä, joiden soveltuvuutta tiettyihin käyttötarkoituksiin voidaan luokitella (Bertini 2010). Cleveland & McGill (1984) todistivat paremmuusjärjestyksen kokeellisesti. Tutkimuksessa visuaaliset muuttujat asetettiin järjestykseen sen mukaan, miten tarkkoja vertailuja ne mahdollistavat aineiston muuttujien välillä (taulukko 1). Pisteiden sijaintia mitta-asteikolla kyetään vertailemaan tarkimmin. Pinta-aloihin, tilavuuksiin tai väreihin koodattavat tiedot soveltuvat yleiskuvaa luoviin karttoihin (Cairo 2013, 121–123), koska ihminen tulkitsee niissä ilmeneviä eroja heikommin kuin sijainnin tai pituuksien eroja.

Taukukko1. Visuaaliset muuttujat luokiteltuna niiden vertailtavuuden mukaan. Grafiikka: Kimmo Pukkila.

1 Tarkin	Sijainti yhteisellä asteikolla 	Sijainti ei-tasatulla asteikolla 	
2	Pituus 	Suunta 	Kulma 
3	Pinta-ala 		
4	Tilavuus 	Kaarevuus 	
5 Epätarkin	Värin tummuus 		Värin kylläisyys 

Visuaalisia muuttujia korostettaessa suunnitteluprosessi muotoutuu alhaalta ylöspäin eli merkeistä kuvioon. Kirk pitää käytännöllisempänä lähestyä asiaa ylhäältä alaspäin, jolloin kuvion suunnittelu lähtee liikkeelle siitä, minkä tyyppinen haluttu lopputulos on. Olemassa olevat kuvat luovat ikään kuin mallikappaleiden kirjon, josta voi poimia ja muokata omiin tarkoituksiinsa parhaiten sopivan kuvion. Graafikkona olen tottunut tähän lähestymistapaan Adobe Illustrator -piirto-ohjelmassa: graafin muoto valitaan jo ennen datan syöttämistä – päinvastoin kuin taulukkolaskentaan keskittyvässä Microsoft Excelissä. Kirk ryhmittelee kuvat viiteen tyyppiin niiden tarkoituksen mukaan (taulukko 2). Vaikka Kirk tunnustaa, ettei luokittelu ole täydellinen, hän uskoo sen soveltuvan työkaluksi useimpiin tiedon visualisointia vaativiin tehtäviin. (Kirk 2016, 157–209.)

Taulukko 2. Datavisualisointien luokittelu niiden tarkoituksen mukaan. Kaikille kuvioille ei löytynyt suomennosta.

Tyyppi	Tarkoitus	Sisältyvät kuvat
Kategorinen	Vertaillaan määrällisen tiedon luokkia ja jakaumia.	Pylväskuvio, helmitaulukuvio, piktogrammi, tutkapiirros, polaarikuvio, vaihtelupylväskuvio, janakuvio, histogrammi, sanapilvi, nauhakuvio, yksiulotteinen pallokuvio.
Hierarkkinen	Kuvataan jonkin osan hierarkkista tai suhteellista osuutta kokonaisuuteen.	Piirakkakuvio, vohvelikuvio, summapylväskuvio, back-to-back bar chart, ruutupuu, Venn-diagrammi, puukuvio, monitasoinen piirakkakuvio.
Relationaalinen	Kuvataan suhteita korrelaatioiden tai yhteyksien havaitsemiseksi.	Parvikuvio, pallokuvio, rinnakkaiskoordinaatisto, matriisikuvio, karvapallo, jännekuvio, virtauskuvio.
Ajallinen	Kuvataan muutostrendejä tai tapahtumia tietyn ajanjakson yli.	Viivakuvio, töytäyskuvio, kaltevuuskuvio, ketjukuvio, summaviivakuvio, horizon chart, purokuvio, connected timeline, Gantt-kuvio, instance chart.
Spatiaalinen	Kartoitetaan ilmiöitä tilallisten peittokuvioiden ja vääristymien avulla.	Koropleettikartta, viivakartta, esiintymäkartta, särmiökartta, pistekartta, virtauskartta, aluekartogrammi, Dorling-kartogrammi, ruutukartogrammi.

Tyypittelyyn liittyvät omat ongelmansa. Esimerkiksi Cairo osoittaa Yhdysvaltojen osavaltioiden koulutustasoa ja ylipainoisuutta koskevassa esimerkissään (2013,

125) kaltevuuskuvion käyvän myös relationaaliseen tarkoitukseen, jossa aika ei näyttele muuttujan osaa. Cairon esimerkissä kaltevuuskuvio on vaihtoehto pylväskuviolle. Vaihtoehtojen paremmuus riippuu siitä, halutaanko korostaa koulutustason ja ylipainon keskinäistä (käänteistä) suhdetta vai koulutetuimpia ja ylipainoisimpia osavaltioita. Saman aineiston voisi esittää myös spatiaalisesti koropleettikartalla, mutta kuten Clevelandin & McGillin malli ennakoi, se ei mahdollista yhtä havainnollisia vertailuja osavaltioiden välillä.

Koska visuaalisen esittämisen tavat ovat näin liukuvia saman aineiston suhteen, on mielestäni järkevää hyödyntää visuaalisen koodauksen teoriakehystä sekä alhaalta ylöspäin että ylhäältä alaspäin ja suhteuttaa ne esityksen tavoitteeseen.

2.3 Värit

Väreillä on oma roolinsa siinä, kuinka esteettisenä ja kiinnostavana kuvaaja (tai käyttöliittymä) koetaan, miten selkeänä sen visuaalinen rakenne näyttäytyy ja mitä assosiaatioita kuvaaja herättää. Värikkyys parantaa kuvien mieleenpainuvuutta, mutta toisaalta datavisualisoinneissa tarpeettomia värieroja tulisi välttää, koska kuvaajissa värit osallistuvat tiedon koodaamiseen. Jokaisen värieron voi siis olettaa kantavan jotain sisällöllistä merkitystä. Väreillä on kulttuurinenkin merkitys. Niihin liittyy opittuja miellelyhtymiä, kuten ”tili on punaisella”. Negatiivisen saldon kuvaaminen vihreällä värillä olisi ainakin länsimaiselle vastaanottajalle epäjohdonmukaista. Suunnittelijan tulisi huolehtia siitä, etteivät värivalinnat ainakaan hankaloita halutun viestin tulkintaa. (Hatva 2009, 314; Koponen ym. 2016, 100–101; Weinschenk 2011, 51–52.)

Värejä voidaan hyödyntää datavisualisoinneissa useisiin tarkoituksiin. Nominaalista tai ordinaalista tietoa koodatessa värit osallistuvat laadullisten kategorioiden tai määrällisen järjestyksen kuvaamiseen. Esimerkiksi pylväskaaviossa voidaan verrata kahta laadullista muuttujaa, jotka on erotettu toisistaan eri sävyillä. Koropleettikartassa tummemmat värit kertovat ilmiön määrällisestä kasvusta. Värivalinnoilla voidaan myös korostaa tärkeimpiä piirteitä ja häivyttää muita taka-alalle. Lisäksi väreillä merkitään asteikkoja, otsikoita ja

interaktiivisissa visualisoinneissa myös käyttöliittymäelementtejä, joissa voi joutua korostamaan erikseen elementin aktiivista ja passiivista tilaa. (Kirk 2016, 267–290.)










Tarkoitukseen käypä väripaletti voi Koposen ym. mukaan (2016, 111) sisältää enimmillään 12 hyvin erottuvaa väriä, joskin värimäärän maksimointi ei ole tarkoituksenmukaista ja värien liiallinen erottuvuus voi olla haitaksikin. Cairo suosittelee (2013, 175) vain parin–kolmen värisävyn käyttöä. Tarvittaessa lisää saadaan näitä kolmea murtamalla. Cairaon mukaan toimiva kombinaatio on esimerkiksi neutraalin vaalea tausta, musta teksti ja voimakas aksenttiväri, kuten keltainen, joka auttaa kiinnittämään huomiota olennaisimpiin piirteisiin.

Osaltaan värien valintaan vaikuttavaa ympäristö. Valkoinen on luonnollinen taustaväri sovelluksiin, joita käytetään valoisissa ympäristöissä (Kirk 2016, 283), ja musta teksti valkoisella taustalla erottuu näytölläkin kaikkein parhaiten (Weinschenk 2011, 68–69). Lisäksi värit vuorovaikuttavat myös kuvassa. Mikä tahansa väri näyttää taipuvan vierekkäisen värin vastavärin suuntaan. Siksi eri taustaväri voi saada kaksi eriväristä kappaletta näyttämään samanväriseltä. Kahden yhtä tumman mutta voimakkaasti eroavan värin rajapinta puolestaan saattaa näyttää levottomalta, jopa väreilevältä. Räikeät väriyhdistelmät rasittavat silmää ja verottavat kuvan ja käyttöliittymän esteettisyyttä. (Albers 1991, 32–37; Koponen 2016, 105–106.)

Värisokeus on yleisempää miehillä kuin naisilla, minkä vuoksi värinäön rajoitteita ei kannata sivuuttaa etenkin miesvaltaisille toimialoille sovelluksia suunniteltaessa. Yleisimmät vaikeudet liittyvät vihreän, keltaisen ja punaisen värin erottamiseen. Yksi vaihtoehto ongelmien välttämiseksi on hyödyntää redundanssia. Liikennevaloissa redundanssi ilmenee valojen järjestyksessä, eli valojen merkityksen pystyy tulkitsemaan myös ilman ”oikeaa” värihavaintoa. Toinen vaihtoehto on valita värimalli, johon värinäön poikkeamat vaikuttavat mahdollisimman vähän. (Weinschenk 2011, 48–50.) Taulukossa 3 on listattuna yhdeksän väriä, jotka ovat erottuvia myös yleisimmistä värinäön poikkeamista kärsiville. Ne ovat lähellä havaintojärjestelmän perusvärejä, mutta niitä on sekoitettu erottuvuuden korostamiseksi. (Koponen ym. 2016, 110.) Yleisimpiä

värinäön rajoitteita voi myös simuloida suunnitteluohjelmissa, kuten Adobe Illustratorissa, värivalintojen erottuvuuden varmistamiseksi.

Taulukko 3. Parhaiten toisistaan erottuvat värit värisokeus huomioiden.

Väri		RGB-arvo
Sinooperinpunainen		213, 94, 0
Sinivihreä		0, 158, 115
Sininen		0, 114, 178
Keltainen		240, 228, 66
Musta		0, 0, 0
Valkoinen		255, 255, 255
Oranssi		230, 159, 0
Taivaansininen		86, 180, 233
Purppura		204, 121, 167

2.4 Asteikko

Kuviot rakentuvat paitsi visuaaliseen muotoon koodatusta tiedosta myös tiedon tulkintaa tukevista piirteistä, kuten otsikoista, asteikoista, akseleista ja hilaviivoista. Useimmissa hyvin tunnetuissa kuviotyypeissä on kaksi asteikkoa, jotka merkitään koordinaatistoon x- ja y-akselille, mutta esimerkiksi rinnakkaiskoordinaatistossa rinnakkaiset pystyasteikot muodostavat toisistaan riippumattomien ”mittatikkujen” sarjan ja tutkapiirroksessa asteikot lähtevät säteittäin piirroksen keskipisteestä. Kaikki kuviotyypit eivät myöskään sijoitu koordinaatistoon. Esimerkiksi piirakkakuviota, joka kuvaa tietyn osan suhdetta kokonaisuuteen, muodostaa ympyrämuotoisen asteikon, jonka summa on aina 100 prosenttia. (Kirk 2016, 51, 168–185; Koponen 2016, 216.)

Asteikkojen sijoittelu noudattaa joissakin kuviotyypeissä vakiintunutta käytäntöä. Esimerkiksi vaakapylväskuviossa luokitteleva asteikko on loogisesti pystyakselilla ja määräasteikko vaak-akselilla. Jos kuviossa käytetään molemmilla akseleilla määräasteikkoa, vaak-akselille sijoitetaan ennalta tunnettu muuttuja – yleensä aika – ja pystyakselille mitattu arvo. Viivakuviota on tästä esimerkki. Syy-seuraussuhteita kuvatessa vaak-akselille sijoitetaan

oletettu syy ja pystyakselille seuraus. Keskinäisten riippuvuussuhteiden kuvaamiseksi voidaan käyttää myös kahta eri asteikkoa, jotka merkitään oikealle ja vasemmalle y-akselille. Esimerkiksi pylväskuvio voi käyttää kuvion vasemmanpuoleista asteikkoa ja päälle piirrettävä viivakuviokuva oikeanpuoleista. (Koponen ym. 2016, 216–219.)

Tuften mukaan (2001, 112–113, 123–137) akselit ja hilaviivat kannattaa häivyttää taustalle tai poistaa kokonaan. Kehykset, akselit ja hilaviivat ovat Tuftelle kuvioroinaa, joka ei kanna varsinaista tietoa. Esimerkiksi pylväskuvio ei menetä merkittävästi informaatiota, jos siitä karsitaan ruudukko ja y-akselin pystyviiva. Koposen ym. mukaan (2016, 218–219) hilat auttavat kokonaisuuden hahmottamista isoissa ja monimutkaisissa kuvioissa. Kuitenkaan pienissä kuvioissa niitä ei tarvita.

Koordinaatiston perus- eli nollaviivaa jätetään pylväskuvioista pois. Pikemminkin siitä tehdään visuaalisesti muita viivoja voimakkaampi. Asteikon katkaisu vääristää pylväiden pituuserojen tulkintaa. Katkaisu on mahdollista viivakuvioissa, joissa kuvataan ensisijaisesti muutostrendiä. Asteikkoa rajaamalla pienet heilahtelut mittausarvoissa nousevat selvemmin näkyviin. Katkaisu merkitään katkaisumerkillä (z) asteikon katkaisukohtaan. Jos tarkoituksena on mahdollistaa vertailuja rinnakkaisten kuvioiden välillä, mitta-asteikon on säilyttävä johdonmukaisena kuvioista toiseen kuvioiden välisten suuruuserojen hahmottamiseksi oikein. (Koponen ym. 2016, 44–45, 219–220.)

Kuvattavasta ilmiöstä riippuen asteikko voi olla lineaarinen tai logaritminen. Jälkimmäisellä etäisyys arvojen 1 ja 10 välillä on yhtä pitkä kuin arvojen 10 ja 100 tai 100 ja 1000. Logaritmisella asteikolla arvojen kymmenkertaistuminen piirtyy siis tasaisena rampina ylöspäin, kun taas lineaarisella asteikolla vastaava näyttäytyy jyrkkenevänä käyränä. Logaritminen asteikko havainnollistaa suhteellista muutostahtia, lineaarinen kuvaa absoluuttisia arvoja. Lineaarinen asteikko on helpommin käsitettävä vaihtoehto tavallisille ihmisille, mutta logaritmistä asteikkoa tarvitaan tietyissä tilanteissa – esimerkiksi äänenvoimakkuusmittauksissa. (Koponen ym. 2016, 217–218.)

2.5 Sovelluksen käytettävyyssuunnittelu

Käytettävyyssuunnittelulla pyritään varmistamaan, että sovellus toimii halutussa tarkoituksessa mahdollisimman luontevasti. Yrityksissä käytettävyystekijöillä on havaittu olevan jopa vaikutusta työntekijöiden työmoraaliin ja työpaikan ilmapiiriin. Huonosti suunniteltu sovellus herättää käyttäjässään herkästi negatiivisia tunteita, kuten turhautumista ja avuttomuutta. Tällöin haluttuja tehtäviä on vaikea saada tehdyksi. Vastaavasti hyvin suunniteltu sovellukseensa sopii tarkoitukseensa ja on miellyttävä käyttää. Se korostaa tilanteen hallinnan tunnetta. Hyvät kokemukset tuotteen käytöstä myös kannustavat käytön opettelua ja motivoivat käytön jatkamista. (Saariluoma, Kujala, Kuuva, Kymäläinen, Leikas, Liikanen, Oulasvirta 2010, 18–22; Norman 2013, 46–49.)

Krugin määritelmän mukaan helppokäyttöistä tuotetta pystyy valtaosa ihmisistä hyödyntämään ilman, että tulosten saavuttamiseen kuluu kohtuuttomasti aikaa ja vaivaa. Käytön omaksuminen ei siis edellytä keskimääräistä laajempia tietoja tai taitoja. Verkkosivujen tai sovellusten ei pitäisi pakottaa käyttäjää ajattelemaan niiden tarkoitusta, vaan keskeisten elementtien tulisi tehdä käytöstä ilmeistä sommittelun, otsikoinnin ja erottuvuuden keinoin. (Krug 2014, 9–19.)

Norman korostaa, että tuotteen tulisi viestiä selvästi, mitkä toiminnot ovat käyttäjälle mahdollisia, mitä juuri nyt tapahtuu ja mitä seuraavaksi on tapahtumassa. Norman esittää tähän liittyen seitsemän käytettävyyden periaatetta, jotka olen listannut seuraavaksi vapaasti käännettynä. Sovelluksen käytettävyyden kannalta esimerkiksi löydettävyydellä on aivan keskeinen merkitys. Rajoitteita puolestaan voidaan hyödyntää tarjoamalla vain tehtävän kannalta järkeviä valintoja käyttäjän valittavaksi kaikkien mahdollisten valintojen sijaan. (Norman 2013, 17–18, 58–60.)

1. **Löydettävyys (discoverability):** Käyttäjä pystyy näkemään mahdolliset toiminnot ja ymmärtämään, missä tilassa käytettävä tuote tällä hetkellä on. Esimerkiksi sovelluksen navigaatiota ei ole piilotettu.

2. **Palaute (feedback):** Käyttäjä saa tekemistään toimista ja tuotteen tilasta välitöntä ja jatkuvaa palautetta. Esimerkiksi valikon näpytyksestä vaihtuu sivu ja muuttunut tila pysyy merkittynä.
3. **Mentaalinen malli (conceptual model):** Tuote herättää siihen sopivan mielikuvan, joka auttaa käyttäjää selittämään sen sisäistä toimintalogiikkaa.
4. **Mahdollisuudet (affordances):** Perusominaisuudet, jotka määrittelevät tuotteen käyttöä. Esimerkiksi käyttöliittymässä oleva nappi mahdollistaa vuorovaikutuksen.
5. **Merkitsijät (signifiers):** Osoittavat, miten mahdollisuuksia käytetään. Esimerkiksi napin painettavuutta tai klikattavuutta voidaan korostaa kohottamalla sitä irti taustasta. Napin upotus uomaan merkitsee, että sitä voi liu'uttaa uomaan pitkin.
6. **Kytkentä (mappings):** Kytkenäksi kutsutaan kontrollien ja kontrolloitavien välistä suhdetta, jonka tulisi olla mahdollisimman suora. Esimerkiksi valokatkaisijoiden ja valojen kytkentä on usein huono eikä katkaisijasta voi päätellä, mihin valoon se vaikuttaa.
7. **Rajoitteet (constraints):** Rajoitteet ohjaavat käyttäjää käyttämään tuotetta oikein, vaikka tilanne olisi käyttäjälle uusi ja vieras. Rajoitteet voivat olla fyysisiä, loogisia, semanttisia tai kulttuurisia.

Käytettävyyssuunnitteluun on historian saatossa kehitetty useita erilaisia prosesseja. Nykyään suositaan käyttäjäkeskeisiä suunnittelumenetelmiä (Sinkkonen ym. 2009, 27–39; Saariluoma ym. 2010, 22–24; Norman 2013, 18–19). Käyttäjäkeskeisissä menetelmissä huomioidaan paitsi omat liiketoiminnalliset tavoitteet myös käyttäjien tarpeet, toimintatavat ja käyttöympäristöt. Käyttäjätietoa hankitaan esimerkiksi käyttäjätutkimuksella, josta voidaan kiteyttää käyttäjien arkkityyppejä luonnehtivia persoonia. Liiketoiminnallisista tavoitteista ja käyttäjien kuvauksista muodostetaan vaatimusmäärittely, jota vasten käyttöliittymäkonsepti suunnitellaan. Konseptia arvioidaan, testataan ja parannellaan, kunnes se täyttää vaatimukset. Konsepteja voidaan tuottaa myös useita erilaisia. Konseptoinnilla käyttöliittymän olennaisia osia voidaan hahmottaa ja evaluoida mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, ennen kuin siirrytään kehittämään valmista tuotetta.

Konseptiin liitetään sovelluksen informaatioarkkitehtuuri ja rautalankamallit. Kiteytetysti informaatioarkkitehtuuri tarkoittaa kokonaisuuden organisointia mahdollisimman tarkoituksenmukaisella tavalla. Verkkosivuilla se voi vaatia tiedon löydettävyyden optimointia. Sovelluksen taas tulisi tukea tehtäväprosesseja, joita varten sitä käytetään. Informaatioarkkitehtuuria mallinnetaan useimmiten rakennekaaviolla tai vuokaaviolla. Rautalankamalli puolestaan kuvaa yksittäisten sivujen asettelua ja toiminnallisuutta. Asettelussa ei kuitenkaan käytetä lopullisia tekstejä tai kuvia, vaan laatikoina piirrettäviä ”paikkavarauksia”. Kun rautalanka on valmis, visuaalista suunnittelua täsmennetään mockup-mallikuvilla. (Hamm 2014, 37–49; Sinkkonen ym. 2009, 184–212.)

2.6 Havainnosta ja muistamisesta

Visualisointimenetelmiin ja käyttöliittymien suunnitteluun ovat vaikuttaneet erilaiset tutkimukset ihmisen havaintomekanismeista. Näköhavainnon toimintaa tutkimalla on esimerkiksi havaittu, että ”kohdennettavat” piirteet vetävät katsetta puoleensa enemmän kuin muut. Katse kiinnittyy herkimmin poikkeavan kokosiin tai muotoisiin kohteisiin, väriltään erottuviin kohteisiin sekä liikkuviin tai suunnaltaan erottuviin kohteisiin. Tätä voidaan hyödyntää visuaalisesta hierarkiaa suunniteltaessa, kun pohditaan miten olennaisen saisi nousemaan esiin muusta tiedosta. (Koponen ym. 2016, 83–91.)

Hahmolakien mukaan läheisesti sijoitetut, samankaltaiset ja toisiinsa viivalla tai värillä yhdistetyt objektit koetaan kuuluviksi samaan joukkoon. Sulkeutuvuuden lakia noudattaen ympyröidyt tai rajatut objektit nähdään omana joukkonaan. Vastaavasti elementtien erottamiseksi kannattavinta on käyttää tyhjää tilaa. Taustojen käyttö tekee visuaalisesta hierarkiasta herkästi sekavan. (Cairo 2013, 114–118; Koponen ym. 2016, 92–93.) Hahmolakeja on myös kritisoitu näköhavainnon teoriana, mutta ne ovat edelleen sovellettavissa sommittelun ja käyttöliittymäsuunnittelun apuvälineinä. Laajemmin näköhavainnon ja visualisointien suhteesta kirjoittaa esimerkiksi Räsänen opinnäytetyössään (2017, 9–10).

Ihmisen muistista on tunnistettu pitkäkestoinen ja lyhytkestoinen muisti, josta puhutaan myös työmuistina. Työmuistin kapasiteetti on rajallinen, ja työmuistissa olevat asiat on helppo unohtaa, mikäli suoritettava prosessi keskeytyy jonkin häiriötekijän vuoksi. Suunnittelijat voivat tukea käyttäjän muistamista ja tuotteen käytettävyyttä monin tavoin. Käyttäjältä ei esimerkiksi pitäisi vaatia tiedon pitämistä mielessä ja syöttämistä paikasta toiseen. Tiedon muistamisen sijaan käyttäjän on helpompaa tunnistaa aiemmin näkemäänsä tietoa. Työmuistia tukee, jos mahdolliset häiriötekijät voidaan minimoida ja tietoa kyetään järjestelemään maksimissaan neljän yksikön lohkoihin. Pitkäkestoista muistia taas helpottaa, jos uusi tieto on liitettävissä johonkin olemassa olevaan skeemaan eli mielen sisäiseen malliin tosimaailmasta. Sovelluskonit ovat tästä yksi esimerkki. Nehän on tyyppillisesti suunniteltu muistuttamaan konkreettisia esineitä tai ilmiöitä – kuten disketti tallennusikonina – abstraktien tai silmälle näkymättömien konseptien sijaan. Käyttöjärjestelmän työpöytä ja kansiot mukailevat toimistoympäristön skeemaa. (Weinschenk 2011, 74–87.)

2.7 Tietokone- ja mobiiliympäristön eroista

Käytettävyyssuunnittelun perusteet eivät eroa paljoakaan käyttöympäristöjen välillä, koska ihmiset eivät muutu teknologioiden ja laitteiden mukana. Hankaluuksia voi kuitenkin ilmetä siinä, miten sama sisältö toistetaan luontevasti useissa fyysisestikin poikkeavissa ympäristöissä. Jokainen ympäristö asettaa omat raaminsa esimerkiksi näyttökokojen suhteen. Täysimittaista tietokoneohjelmistoa olisi vaikea lukea ja käyttää pienellä älypuhelimien ruudulla.

Toinen merkittävä ero löytyy vuorovaikutustavoista (taulukko 4). Hiiren kursoriin ja kosketusnäyttöön nojaavat käyttöliittymät eroavat muun muassa siinä, ettei kosketusnäytöllä ole mahdollisuutta osoittaa kohdetta sitä klikkaamatta ("mouseover" tai "hover"). Tietokoneella hover-toimintoa on hyödynnetty muun muassa lisätietojen ("tool tip") tai pudotusvalikoiden näyttämiseksi kohdetta osoitettaessa. Mobiiliympäristössä nämä toiminnot eivät ole käytettävissä. Myös näppäimistöön liittyvä eroja: Tietokoneen fyysinen näppäimistö on jatkuvasti saatavilla, joten kontrolleja voidaan luontevasti ulkoistaa pikakomentoihin.

Mobiiliympäristössä näppäimistö on osa käyttöjärjestelmää, ja sitä kutsutaan ohjelmallisesti vain tekstikentissä. (Krug 2014, 152; Koponen ym. 2016, 73; Mendoza 2014, 32–54).

Taulukko 4. Yleisten vuorovaikutustapojen erot hiirellä ja kosketusnäytöllä. Viiva merkitsee, ettei toiminnolle ole suoraa vastinetta, mutta muita käyttötapoja voi löytyä.

Toiminto	Tietokoneen hiiri	Kosketusnäyttö
Kohteen valinta	Hiiren vasen klikkaus	Näytön napautus sormella
	Hiiren oikea klikkaus	Näytön napautus kahdella sormella tai pitkä painallus yhdellä sormella
	Hiiren tuplaklikkaus	Näytön napautus sormella
Kohteen raahaaminen	Hiiren painallus ja raahaus	Näytön painallus ja raahaus
Näytön vieritys	Vieritysrullan vieritys	Näytön liu'uttaminen sormella
Kohteiden selaaminen (esim. kuvagalleria)	-	Näytön pyyhkäisy sormella
Kohteen zoomaus	Vieritysrullan vieritys zoomattavaa kohdetta osoitettaessa	Näytön nipistys kahdella sormella tai näytön tuplanapautus sormella
Kohteen osoittaminen (mouseover/hover)	Hiiren kursorilla	-
Kohteen kiertäminen	-	Näytön kiertäminen kahdella sormella

Vastauksena mainittuihin ongelmiin on syntynyt mobiililähtöinen (mobile first) suunnittelumenetelmä. Tällöin suunnittelun lähtökohtana on mobiiliympäristö, jossa varmistetaan kaikkien keskeisten ominaisuuksien toimivuus. Tietokoneversiossa näiden päälle voidaan lisätä toiminnallisuuksia, mutta keskeisten ominaisuuksien toimiessa mobiilissakin mitään tärkeää ei tarvitse jättää mistään versiosta pois. (Krug 2014, 143–149.)

Samaan aikaan mobiilisuorittimet ja -yhteydet ovat kehittyneet vauhdilla. Kuvaavaa kehitystahdille on Krugin jokseenkin varauksellinen näkemys responsiivisesta web-suunnittelusta (Krug 2014, 149). Nyt nelisen vuotta myöhemmin responsiivisuutta suositaan laajasti. Kehityksen ovat mahdollistaneet mobiililaitteiden kapasiteetin kasvu. Responsiivisuudella

tarkoitetaan sisällön automaattista mukautumista näytön kokoon, jolloin sama sisältö voidaan esittää eri laitteilla sitä karsimatta. Tietokoneen monitorilla verkkosivu voi esimerkiksi tarjota rinnakkaisia palstoja, jotka älypuhelimella putoavat peräkkäiseksi pötköksi. Erilaisesta asettelusta huolimatta sisältö on samaa eikä pelkistettyä mobiilisivustoa tarvita. (Perttilä 2017, 19–21.)

Toisaalta optimaalisin mobiilikäyttökokemus tarjotaan edelleen erillisillä sovelluksilla, jotka on suunniteltu tarkasti laitetta varten. Siinä missä responsiivisten sivujen etuina on edullisuus ja ylläpidettävyyys, tiettyyn käyttöympäristöön räätälöidyt sovellukset ovat tyypillisesti verkkoselainta nopeampia ja hyödyntävät esimerkiksi laitteen ilmoituksia ja hälytyksiä. Sovelluksia voi valikoiden käyttää myös ilman verkkoyhteyttä. (Smid 2017.)

2.8 Vuorovaikutteiset visualisoinnit

Staattisiin visualisointeihin verrattuna vuorovaikutteisuuden etuna on sen tuoma joustavuus tiedon esitystapoihin. Vuorovaikutteisiin visualisointeihin voidaan soveltaa Shneidermanin visuaalisen tiedonetsinnän mantraa, jossa lähdetään liikkeelle yleiskuvasta ja poraudutaan yksityiskohtiin valikoiden. Käyttäjälle annetaan ensin keskeisin ja kiteyttävän tieto, jota hän pystyy valmiiksi tulkitsemaan. Sen jälkeen mahdollistetaan yksityiskohtiin meneminen tietoa suodattamalla ja tarkastelua rajaamalla. Lisätiedot nostetaan esiin pyynnöstä. Staattisissa kuvissa suunnittelija piirtää valitsemansa tasot ja näkökulmat kerralla näkyviin, mutta vuorovaikutteisissa esityksissä käyttäjä pystyy vaihtelevaan monipuolisesti tasojen ja näkökulmien välillä, mikä lisää käyttäjän mahdollisuuksia tehdä myös omia tulkintojaan esityksen pohjalla olevasta datasta. (Cairo 2013, 195; Koponen ym. 2016, 73–74; Shneiderman 1996, 337.)

Kirk esittää, että visualisointien vuorovaikutusmahdollisuudet jakautuvat karkeasti kahteen kategoriaan: tiedon valintaan ja esitystavan valintaan. Tiedon valintaan liittyviä toimintoja ovat tiedon rajaaminen (framing), yksityiskohtiin navigointi (navigating), aikajakson animoiminen (animating), sekvenssien välillä liikkuminen (sequencing) ja tiedon syöttäminen (contributing). Esitystavan

valintaan liittyviä toimintoja puolestaan ovat valitun tiedon korostaminen (focusing), lisätiedon avaaminen (annotating) sekä paikantaminen (orientating), joka tarkoittaa esimerkiksi kursorin osoittaman kohdan korostamista aika-asteikolla. Kirkin mukaan visualisointien vuorovaikutustavat ovat edelleen varsin tietokonekeskeisiä, vaikka mobiililähtöisyys on muuten yleistynyt. (Kirk 2016, 223–246.)

Yi, Kang, Stasko & Jacko (2007) jäsentävät visualisointien vuorovaikutustavat seitsemään päätyyppiin, jotka ovat valinta (select), tutkiminen (exploration), uudelleenjärjestäminen (reconfigure), esitystavan muutos (encode), yleistäminen/täsmäntäminen (abstract/elaborate), suodattaminen (filter) ja yhdistäminen (connect). Näistä erityisesti uudelleenjärjestäminen ja esitystavan muutos ovat merkittäviä täsmennyksiä Kirkin malliin verrattuna. Mahdollistamalla uudelleenjärjestelyn käyttäjä voi lajitella tietoa vaihtoehtoisilla tavoilla. Esitystapaa muuttamalla taas pystytään tutkimaan tietoa vaihtoehtoisilla kuvioilla tai muuttamaan vaikkapa värejä niin, että tieto on värisokealle käyttäjälle erottuvampaa. Yhdistämisellä Yi ym. tarkoittavat valittuun kohteeseen liittyvien kohteiden esiin nostamista.

2.9 Dashboard

Yksi Shneidermanin mantraa toteuttava vuorovaikutteisen visualisoinnin ilmentymä on dashboard eli kojelauta tai koostenäkymä, jota hyödynnetään erityisesti liikkeenjohdon apuna. Kojelautojen tarjoajia on nykyään kymmeniä omine erityispiirteineen – muun muassa Microsoft, Tableau ja Qlik. Kojelaudalla yrityksen keräämä tietokantatieto yhdistetään vuorovaikutteisiin datavisualisointeihin. Visualisoinnit esittävät yhdellä ruudulla koosteisen yleiskuvan yrityksen toiminnasta, minkä lisäksi tiedon yksityiskohtiin pääsee yleensä porautumaan kuvioita klikkaamalla. Kojelautoja voi tyypillisesti muokata yrityksen tai käyttäjäryhmien tarpeiden mukaan. (Santamaa 2016, 15–19.)

Dashboardin sisältö, kuvaajat ja rakenne riippuvat siitä, mitä halutaan korostaa – mikä on kojelaudan käyttäjille kaikkein olennaisinta tietoa. Tuominen huomauttaa

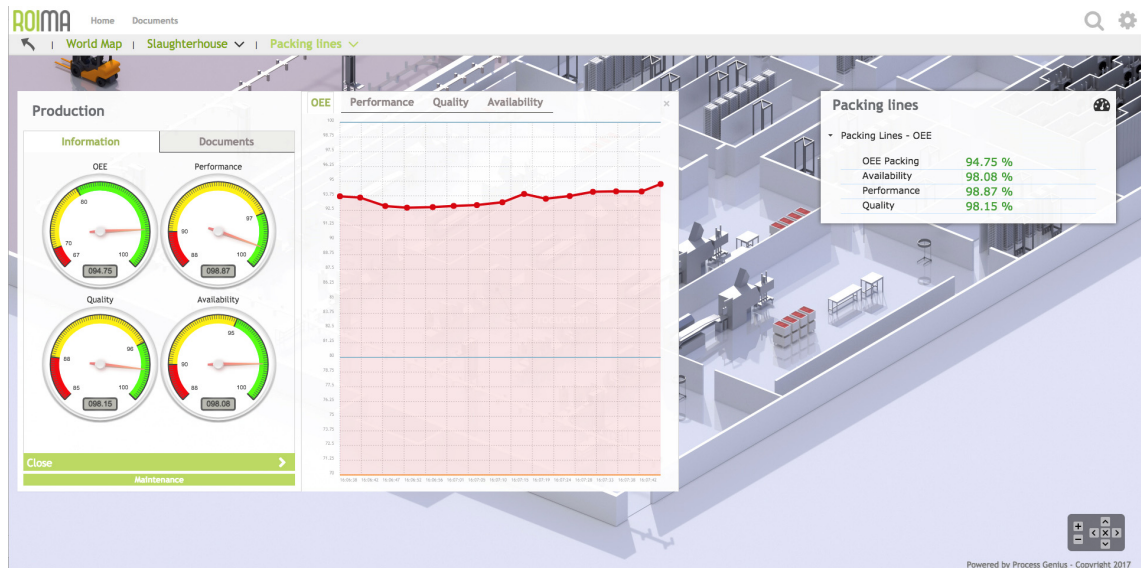
kojelautojen suunnittelua koskevan opinnäytteensä johtopäätöksissä, että muokattavuus ei itse asiassa aina takaa parasta käyttökokemusta, sillä käyttäjä ei ole käytettävyyssuunnittelija. Suunnittelija voi edesauttaa kuvaajien luontevaa lukemista monin tavoin. Yksi keino on mukailla tiedon järjestelyssä tekstin lukusuuntaa. Koska länsimaissa luetaan vasemmalta oikealle, myös tärkeimmän tiedon olisi loogisinta sijoittua vasemmalle ylös. Tietoelementtien sommittelussa voidaan soveltaa myös kultaista leikkausta. Esimerkiksi pääelementti voidaan sijoittaa suuremmassa koossa vasemmalle ja lisätiedot pienemmässä koossa oikealle. (Tuominen 2014, 7–8, 34.)

3 Tutkimusaineisto

3.1 Kehitettävän sovelluksen lähtötilanne

Tutustuin kehityskohteeseen Process Geniusin kanssa järjestetyissä tapaamisissa keväällä 2017 ja haastattelin sekä käyttöliittymäsuunnittelijaa että teknologiajohtajaa (Räty 2017a, 2017b; Saarenheimo 2017). Lähtötilanteessa toimeksiantajan sovellukset on kustomoitu kunkin asiakkaan tarpeisiin, jotka riippuvat muun muassa toimialasta ja tuotantotiloista. Keskeistä näissä on mahdollisuus tarkastella tuotantotilaa spatiaalisesti 3D-karttana, johon yhdistetään automaattisesti kerättävää sensori- ja mittaritietoa tuotannosta. Lista tyypillisesti mitattavista suureista on liitteessä 2. Tieto esitetään visualisointeina 3D-näkymän päällä, kuten kuvassa 2. Visualisointeja voidaan klikata auki esimerkiksi linjastoista, pumpuista ja lämpömittareista tai yläpalkin pudotusvalikoista. 3D-näkymällä on erinomainen kytkentä tosimaailmaan ja tiedon lähde on helppo hahmottaa. Käyttäjä voi myös avata laitteisiin liittyviä dokumentteja ja viedä (export) dataa taulukkolaskentaohjelmistoihin.

Opinnäytetyöni tavoite koskee nimenomaan datavisualisointien kehittämistä ja käytettävyyttä. Yhtenä suunnitteluhaasteena tapaamisista esiin nousi se, miten tuotannosta olisi mahdollista tarjota vielä enemmän vertailuja mahdollistava ja ajallisesti skaalautuvampi visualisointinäkyvä, joka tuottaa lisäarvoa asiakkaalle.



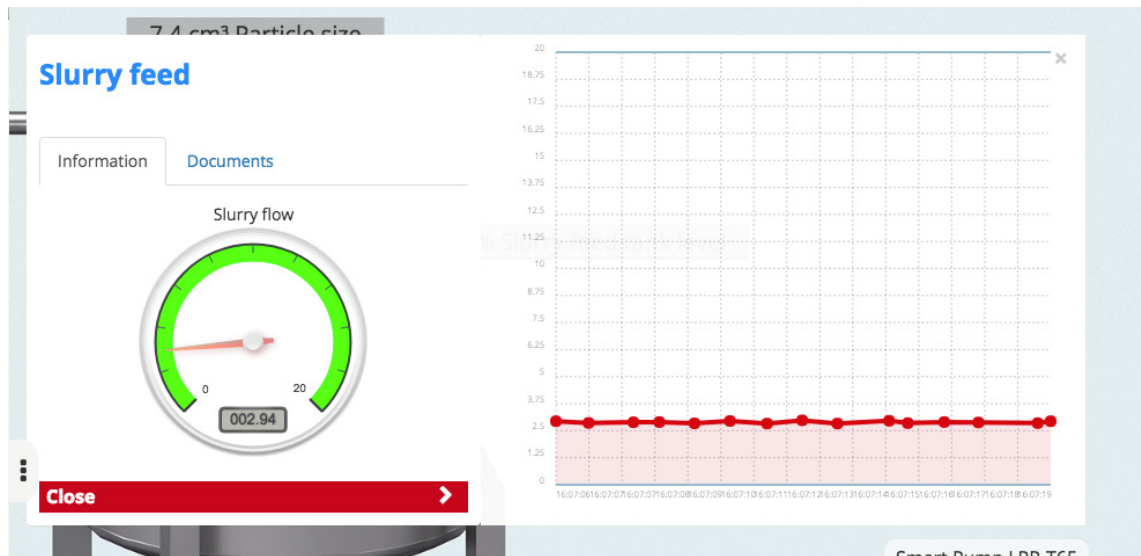
Kuva 2. Yleisnäkymä pakkauslinjastosta. Sovelluksen pohjana on 3D-mallinnus tuotantotilasta, johon yhdistetään tuotannosta kerättävää dataa. Kuvakaappaus: Process Genius Oy.

Process Geniusin ratkaisu mahdollistaa tiedon tarkastelun myös laajemmassa mittakaavassa maailmankartalla. Siitä on hyötyä, jos tuotantolaitoksia sijaitsee eri paikkakunnilla tai eri puolilla maailmaa. Tietoon voidaan porautua maailmankartan kautta klikkaamalla toimipisteisiin ja siitä edelleen laitteisiin. Rakenne muistuttaa aiemmin mainittua Shneidermanin visuaalisen tiedonetsinnän mantraa.

Datavisualisointimenetelminä on hyödynnetty viivakuvioita ajallisen kehityksen kuvaamiseen ja mittaristoja hetkellisten tuotanto- ja sensoriarvojen kuvaamiseen. Toteutus tukee Kirkin mainitsemaa lisätiedon avaamista ja paikantamista – eli esimerkiksi tarkemman tiedon saamista viivakuvion osoitetusta kohdasta – hiirenkursorin tooltip-toimintona. Mittaristojen kuvaajissa hyödynnetään värikoodattuja raja-arvoja, joilla voidaan seurata viisarin pysyttelyä sallittujen arvojen sisällä. Värikoodaus on toteutettu perinteisin värin punaisella keltaisella ja vihreällä, joiden erottuvuus värinäön ongelmista kärsivälle voi olla heikohko. Toisaalta numeroin kuvatut raja-arvot ja sektoreiden sijainti helpottavat tulkintaa.

Datavisualisointien tilankäyttö on mielestäni suhteellisen väljää (kuva 3). 3D-näkymän päälle avautuessaan kuvaajat ja niiden ikkunat peittävät helposti suuren osan näyttöpinta-alasta tarjoamatta kuitenkaan samassa suhteessa varsinaista tietoa tai analyysiin soveltuvia työkaluja. Mielestäni ikkunoiden

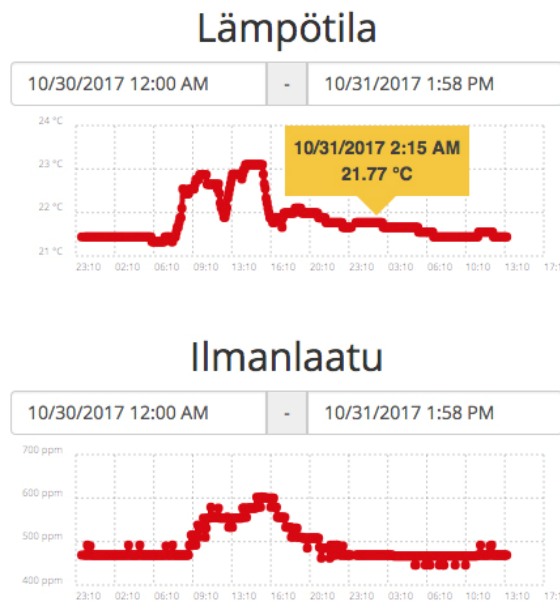
rakenteellista sommittelua, datan tiiveyttä ja tarjottavia työkaluja on varaa tässä opinnäytetyössä kehittää.



Kuva 3. Laitekohtainen data kuvattuna mittarilla ja viivakuviolla. Välilehdeltä on pääsy liittyviin dokumentteihin, mutta tiedon analysointiin voisi olla enemmänkin työkaluja. Kuvakaappaus: Process Genius Oy.

Kuvaajien valinnassa ja muotoilussa on kiinnitettävä huomiota niiden luottavuuteen pienessä koossa sekä hyötyihin suuressa koossa. Samalla kannattaa pohtia käyttöliittymäelementtien soveltuvuutta paitsi tietokoneympäristöön myös työntekijöiden mukana kulkeviin mobiililaitteisiin. Onko esimerkiksi pienikokoisten ikonien, listamaisten pudotusvalikoiden ja tooltip-lisätietoikkunoiden käyttö perusteltua ja voisiko niille löytyä vaihtoehtoisia toteutustapoja? Konseptin tulisi myös olla toteutuskelpoinen moderneissa verkkoselaimissa, koska käyttö tapahtuu selaimen kautta.

Eri muuttujia – esimerkiksi lämpötilaa ja ilmanlaatua – sovelluksessa on mahdollista vertailla rinnakkain (kuva 4), mutta vertailtavuutta on varaa lisätä tarkastelemalla, miten ja mitä tietoa olisi mahdollista yhdistää samaan kuvaajaan ja pohtimalla kuviovalintoja myös vertailujen mahdollistamisen näkökulmasta. Visualisoitavan tiedon aikaväliä voidaan muuttaa päivämäärittäin, mikä tapahtuu avautuvasta kalenterivalikosta. Se ei välttämättä ole miellyttävintä varsinkaan, jos sovellusta olisi tarkoitus käyttää kosketusnäytöllä. Pysin konseptissani löytämään aikavälien valintaan vaihtoehtoisen tavan.



Kuva 4. Kahden muuttujan vertailu samalla ajanjaksolla. Kuvassa näkyy myös tooltip-ikkuna. Kuvakaappaus: Process Genius Oy.

Teollisuudesta luettavan mittaritiedon yhteydessä joudutaan kysymään, kuinka itse dataa kannattaisi pidemmällä aikajaksolla tiivistää. Sensorit voivat välittää tietoa jopa sekuntitasolla, mikä tekee kaikkien tietopisteiden piirtämisestä epärealistista vähänkään pidemmällä ajanjaksoilla. Kaikkien pisteiden piirtäminen käy kannattamattomaksi viimeistään, kun niitä on enemmän kuin käytössä olevia näyttöpisteitä eli muutostrendi pisteiden välillä ei enää erotu. Turhaa piirtämistä kannattaa välttää suorituskyvyn säilyttämiseksi. Toisaalta tuotannon tuloksiin vaikuttavia yksityiskohtiakaan ei saisi menettää. Kuten aiemmin on todettu, datavisualisoinnissa ei ole kyse tiedon oikomisesta. Keskiarvoilla pelaamisessa riskinä on poikkeavien arvojen jääminen piiloon. Tietoon pitäisi myös pystyä sukeltamaan tarkempien yksityiskohtien saamiseksi. Löytyisikö jo käytössä olevalle viivakuviolle vaihtoehtoja, joita voisi hyödyntää tässä yhteydessä?

3.2 Asiakaskyselyn tulokset

3.2.1 Taustatiedot ja seurantaan käytettävät välineet

Asiakaskysely toteutettiin marraskuussa 2017 Google Formsin kautta lähetetyllä survey-lomakkeella. Kysely toimitettiin kuudelle asiakkaalle, joista kaikki

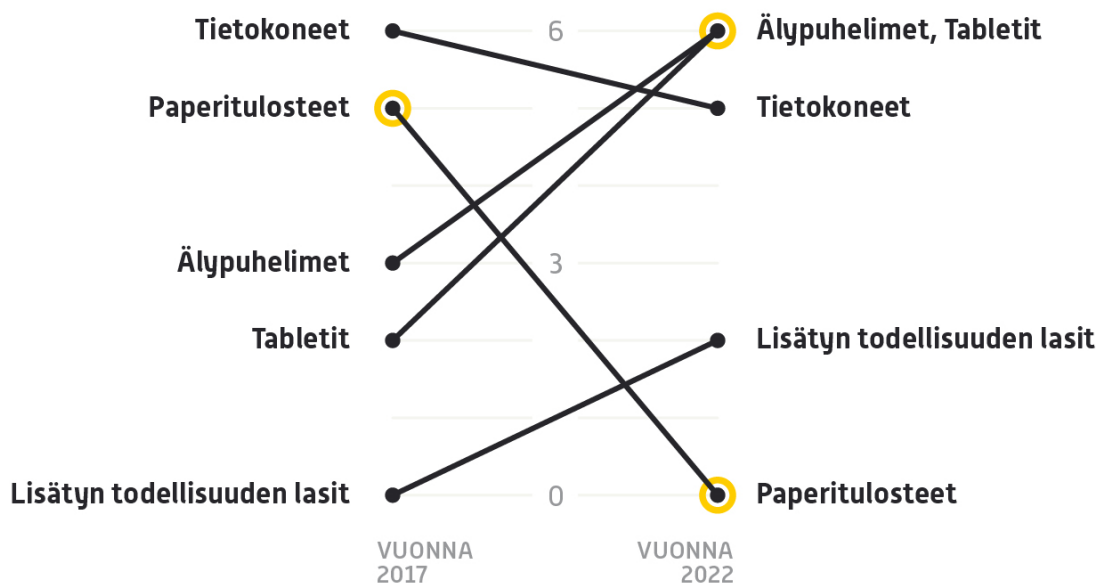
vastasivat kyselyyn. Kyselyn tarkoituksena oli selvittää asiakkaiden näkemystä tuotannon seurantaan liittyvistä kehityssuunnista, kuten välineistä ja menetelmistä, sekä siitä millaisia positiivisia tai negatiivisia painoarvoja asiakkaat antavat erilaisille suunnitteluvaihtoehdoille. Kyselyssä oli mahdollisuus myös avoimiin vastauksiin, joita tuli osalta vastaajista. Tietoa hyödynnetään suunnittelussa suuntaviivojen vetämiseksi ja asiakasympäristön ymmärtämiseksi. Kysely löytyy tuloksineen liitteestä 1.

Kyselyssä kysyttiin ensin yritysten taustatietoja, jotka liittyvät niiden kokon ja tuotannon seurantaan käytettäviin välineisiin. Neljä yritystä luokitteli itsensä keski-suureksi kansalliseksi toimijaksi ja kaksi suureksi kansainväliseksi toimijaksi. Yhtään pientä paikallistason yritystä ei osallistunut kyselyyn.

Vastausten mukaan asiakasyrityksissä käytetään edelleen laajalti paperitulosteita tuotannon seurantaan, mutta trendi on muuttumassa. Kuvio 1 visualisoi muutostrendiä seurantavälineissä asiakasyritysten vastausten perusteella. Huomionarvoisin tulos, jonka nostin yhdeksi konseptisuunnitelman lähtökohdaksi, on kuviossa korostettu keltaisella aksentilla.

MUUTOS TUOTANNON SEURANTAVÄLINEISSÄ

Asiakasyritysten välineet nyt ja viiden vuoden kuluttua, käyttäjämäärän mukaan



Kuvio 1. Kuuden asiakasyrityksen ennakoima muutos tuotannon seurantavälineissä 2017–2022. Paperitulosteiden odotetaan poistuvan mobiiliin lisätessä suosiotaan. Grafiikka: Kimmo Pukkila.

Viidessä yrityksestä kuudesta paperi kuuluu vielä seurantavälineisiin. Kaikki vastaajat kuitenkin odottavat siirtyvänsä pois tulosteista seuraavan viiden vuoden kuluessa. Niiden tilalle näyttäisivät tulevan erilaiset mobiililaitteet. Tietokoneiden uskotaan säilyvän käytössä tablettien ja puhelimien rinnalla. Lisätyn todellisuuden laseja ei tällä hetkellä käytetä vastaajayrityksissä tuotannon seurantaan, mutta kaksi yritystä näkee ottavansa ne käyttöön viidessä vuodessa. Tällä tarkoitetaan esimerkiksi Microsoft Hololens -tyyppisiä ratkaisuja.

3.2.2 Esitysmuotoja koskevat kysymykset

Seuraavaksi kyselyssä kysyttiin, miten hyvin tietyt tiedon esitysmuodot yritysten mielestä soveltuvat tuotannon seurantaan. Esitysmuotoina esiin nostettiin perinteiset kuvaajat ilman vuorovaikutteisuutta, vuorovaikutteiset kuvaajat, pohjapiirroksot tai prosessikaaviot, tuotantotilan 3D-malli sekä pelkät numerot tai taulukot. Vastaajat arvioivat vaihtoehtojen soveltuvuutta asteikolla 1–4, jossa 1 = ei sovellu lainkaan ja 4 = soveltuu erittäin hyvin. Kysymysten tarkoituksena oli hahmottaa karkeita suuntaviivoja kuvaajien malleille ja niihin liittyvän vuorovaikutteisuuden kysynnälle.

Vastaajien mukaan kaikki esitetyt vaihtoehdot ovat ainakin jossain määrin soveltuvia. Vähiten kannatusta saivat kuitenkin pelkät numerot tai taulukot. Positiivisimmin asiakasyritykset suhtautuivat vuorovaikutteisiin kuvaajiin, pohjapiirroksiin tai prosessikaavioihin ja tuotantotilan 3D-malliin, jota tosin yksi vastaaja piti soveltumattomana esitysmuotona. Avoimissa vastauksissa todettiin kaiken visualisoinnin nopeuttavan tiedon lukemista, kun taas numeroilla on mahdollista mennä tarkemmin yksityiskohtiin.

Lisäksi muistutettiin, että eri esitysmuotojen soveltuvuus riippuu myös siitä, millaista tuotantoa tehdään: ”prosessilaitos asettaa aivan erilaiset vaatimukset kuin vaikkapa konepaja”. Kommentti alleviivaa opinnäytetyöhön liittyviä haasteita. Tuotantoon tarkoitettujen sovellusten on usein oltava yksilöllisiä täsmätyökaluja. Tässä opinnäytetyössä ratkaisuja on tarkoitus käsitellä yleisemmällä tasolla, josta sitten olisi johdettavissa sovellutuksia eri tarkoituksiin.

Kehitettävässä konseptissa ei voida käsitellä asiakaskohtaisia tiedon esitysmuotoja, kuten pohjapiirroksia tai prosessikaavioita. Vastaukset kuitenkin viittaavat siihen, että vuorovaikutteisiin kuvaajiin panostaminen on tässä yhteydessä perusteltua.

3.2.3 Käytettävyyttä koskevat kysymykset

Kolmantena teemana kyselyssä olivat järjestelmän käytettävyystekijät. Kysymykset esitettiin väittäminä, joita vastaajat arvioivat jälleen asteikolla 1–4 (ei lainkaan tärkeää – erittäin tärkeää). Kaikki vastaajat pitivät sekä mobiili- että tietokoneoptimoitua käyttöliittymää vähintään tärkeänä. Vastaukset peilaavat mobiiliympäristöjen käytön yleistymistä ja tietokoneiden pysyvyyttä tuotannon seurannassa. Käyttöliittymäsuunnittelussa ei voi olla huomioimatta molempia, vaikka ne asettavat erilaisia vaatimuksia vuorovaikutustavoille ja elementtien koolle.

Lähes yhtä tärkeänä pidettiin mahdollisuutta tehdä tietoihin huomioita tai merkintöjä, jotka välittyvät muille työntekijöille. Tällaista yhteistyömahdollisuutta piti erittäin tärkeänä neljä yritystä. Yksi piti sitä melko tärkeänä ja yksi ei niin tärkeänä. Käyttöliittymän muokattavuutta piti melko tärkeänä puolet. Kahdelle ominaisuus oli erittäin tärkeä, yhdelle ei niin tärkeä. Kerrallaan näkyvän tiedon runsasta määrää pidettiin hieman vähemmän tärkeänä. Neljän mielestä se on melko tärkeää, kahden ei niin tärkeää. Osa tiedosta voinee jäädä klikkausten tai painallusten päähän, kunhan sivutus tehdään tilanteeseen nähden järkevästi. Avoimissa kommentteissa alleviivattiin, että tiedosta kannattaa näyttää vain tarvittava, jottei se tule luettavuuden tielle. Yhtenä vaihtoehtona esitettiin tiedon suodattamista eri käyttäjäryhmien mukaan. Näin jokainen voisi keskittyä oman työnsä kannalta relevanttiin tietoon.

Yksimielisimpiä asiakasyritykset olivat sovelluksen miellyttävästä ulkoasusta. Kaikki kuusi vastaajaa piti tätä erittäin tärkeänä. Yksimielisyys oli yllättävää, koska teollisuussovellusten yhteydessä usein painotetaan hieman toisenlaisia arvoja. Toisaalta, kysymys on myös itsessään monitulkintainen eikä

automaattisesti tarkoita, että teollisuudessa kaivattaisiin kuluttajatuotteiden muotoilua. Kenties vastaajat suhteuttivat kysymyksen vanhempiin sovelluksiin, jotka olivat moderneja järjestelmiä karkeampia. Joka tapauksessa visuaalisuuskin on osa käytettävyyttä ja tuottaa positiivista virettä käytön jatkolle.

3.2.4 Avoimet kysymykset

Lopuksi kysely sisälsi vielä kaksi avointa kysymystä, jotka olivat vastaajille vapaaehtoisia. Näihin vastasi neljä yritystä. Ensin kysyttiin, mihin vastaaja toivoisi visualisoinneissa ja käytettävyydessä kiinnitettävän erityistä huomiota. Vastauksissa painottuivat selkeys, helppous ja loogisuus. Erään vastaajan mukaan käytettävyys on hyvällä tasolla, ”kun kuka vaan uskaltaa ja osaa käyttää järjestelmää ja hahmottaa sieltä esim. laitteiston vikaantumiseen liittyvät päätelmät helposti”. Myös tietokantojen yhdistämiseen käyttöliittymään toivottiin kiinnitettävän huomiota, koska yritysten tarpeet elävät jatkuvasti. Tietokantojen liittäminen tosin rajautuu teemana tämän opinnäytetyön ulkopuolelle.

Toisena avoimena kysymyksenä tiedusteltiin, mitä haasteita yritykset näkevät digitalisaation etenemiselle. Odotettuna ongelmana esiin nostettiin ennakkoasenteet sekä tiedon puute. Yksi vastaaja korosti ajan puutetta digistrategian tekemiseen ja toteuttamiseen. Toisen mukaan haasteita aiheuttavat esimerkiksi useat olemassa olevat (päällekkäiset) järjestelmät ja pelko vaadittavien lisenssien määrästä, joka voisi johtaa kustannusten karkaamiseen. Vastaajan mukaan myöskään kaikki tekniset ratkaisut eivät ole sillä tasolla, että käyttöönotto onnistuisi riittävän tehokkaasti. Lisäksi vastauksissa tuli esiin teollisen ympäristön korkeat kestävyysvaatimukset digitaalisille laitteille, joiden tulisi kestää muun muassa vettä ja kuumuutta.

Kyselyn lopuksi vastaajilla oli mahdollisuus jättää yhteystietonsa täsmentäville kysymyksille. Kolme vastaajaa jätti yhteystietonsa. Kysymykset lähetettiin sähköpostilla, ja niissä tiedusteltiin muun muassa sovelluksen käyttäjien ikäjakaumaa yrityksessä ja käyttäjien tietoteknisiä valmiuksia. Täsmentäviin

kysymyksiin tuli määräaikaan mennessä vain yksi vastaus. Sillä oli kuitenkin iso merkitys myöhemmin vaatimusmäärittelyssä käyttäjäpersoonien muotoilussa.

3.3 Benchmarking-vertailuanalyysi

3.3.1 Toteutus ja tavoitteet

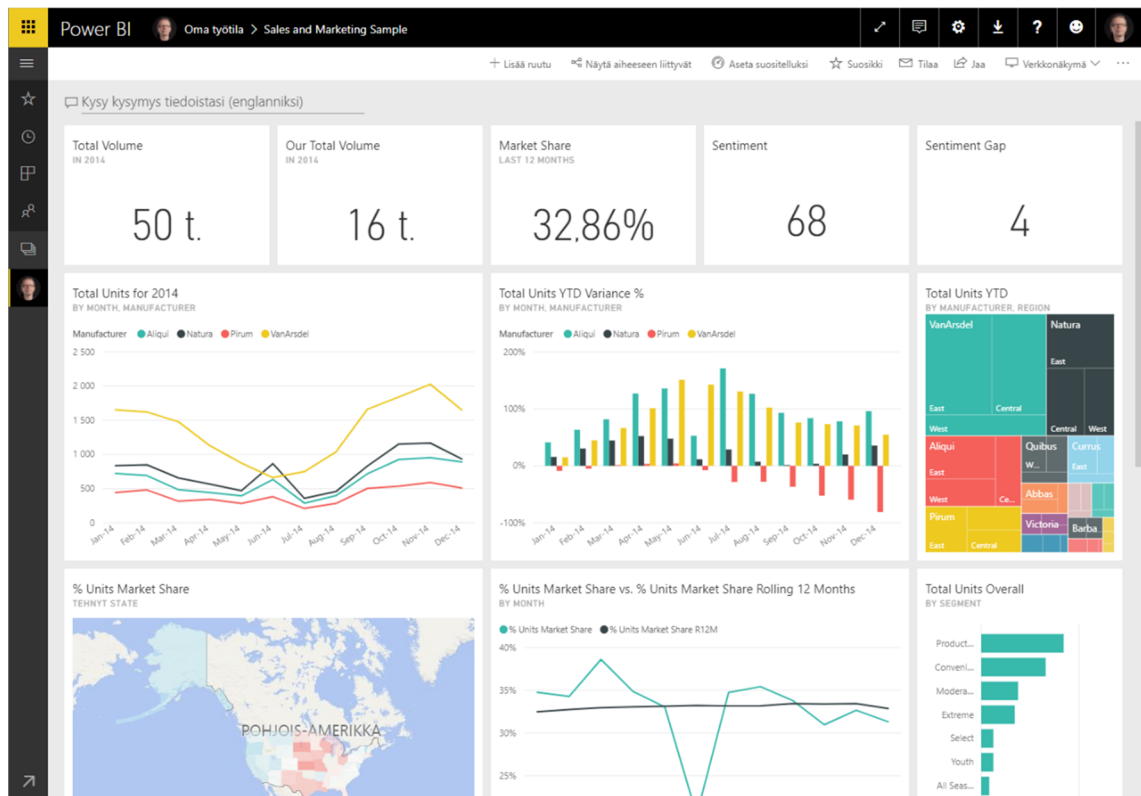
Tutustuin vertailuanalyysissä neljään datavisualisointeja toteuttavaan ratkaisuun: Microsoftin Power BI:hin, Gapminderiin, Atrius Solution Builderiin ja SimCity-videopeliin. Analyysi tehtiin osin oman testauksen ja osin verkossa julkisesti saatavilla olevan tiedon pohjalta. Gapminder on vapaasti käytettävissä oleva verkkosovellus. Microsoft Power BI:tä testasin maksuttoman web-version muodossa hyödyntäen tarjottua esimerkkitietoa. Atrius Solution Builderia arvioin verkossa julkaistujen demosovellusten sekä virallisen dokumentaation kautta, ja SimCityn omistin ennestään. Koska vertailtavat ratkaisut ovat luonteeltaan ja analyysimenetelmiltään erilaisia, en arvioi niitä taulukkomaisesti. Pyrin hahmottamaan sovelluksia sanallisesti seuraavien teemojen puitteissa:

- Mihin tarkoitukseen sovellus on suunniteltu?
- Millainen perusrakenne käyttöliittymässä on?
- Mitä keinoja tiedon visualisoimiseksi on hyödynnetty?
- Mukautuuko käyttöliittymä mobiiliympäristöön?
- Mitä ratkaisusta voisi oppia?

3.3.2 Microsoft Power BI

Microsoft Power BI on liiketoimintatiedon analyysityökalu, joka mahdollistaa visualisoitujen raporttien ja koontinäyttöjen luomisen liiketoiminnasta kerättävän tiedon pohjalta. Koontinäyttö esiintyy kuvassa 5. Power BI on nimetty omassa genressään kolmen johtavan työkalun joukkoon (Sallam, Howson, Idoine, Oestreach, Richardson & Tapadinhas 2017). Sovelluksesta on saatavilla sekä

web- että työpöytäversio, mutta vain web-versio tukee dashboardeja. Käyttö on maksutonta tietyin rajoituksin. Yrityksille suunnatut versiot ovat maksullisia ja sisältävät ilmaisversiota laajemmat jako- ja yhteistyömahdollisuudet. Niihin liittyvät myös räätälöitävät mobiilisovellukset. (Microsoft 2017a.)



Kuva 5. Microsoft Power BI -koontinäyttö, jossa on visualisoitu esimerkkitietoa. Käytetty Microsoftin luvalla.

Power BI -käyttöliittymä rakentuu otsikkopalkista, sivupalkista sekä varsinaisesta työtilasta. Otsikkopalkki sisältää muun muassa sovellusvalikon, murupolun, ilmoituskeskuksen ja kirjautuneen käyttäjän tiedot. Sivupalkki tarjoaa omat suosikit ja viimeaikaiset näkymät sekä listan kaikista käyttäjän koontinäytöistä, raporteista, työkirjoista ja tietojoukoista. Alimmaisena on nouda tiedot -painike, josta pääsee ohjattuun tietojoukon tuomiseen. Tässä yhteydessä käytin valmista esimerkkitietoa, mutta todellista tietoa voisi tuoda tiedostoista tai virtauttaa pilvipalveluista.

Datavisualisoinnit muotoillaan kytkemällä tietojoukkojen kentät, kuten myyntimäärät ja kuukaudet, valitun kuvaajatyyppin asteikkoihin. Valittavissa on useita erilaisia tyyppejä, joista tosin valtaosa on pylväskuvion, viivakuvion tai

piirakkakuvion eri muunnelmia. Koropleettikartta ja ruutupuu ovat muita vaihtoehtoja, ja lisää on ladattavissa Microsoftin kauppapaikalta. Visualisoinnit ovat melko yksityiskohtaisesti muokattavissa värien, viivaleveyksien ja fonttien suhteen. Harmonisen oletusväripaletin ansiosta niistä saa helposti miellyttävän näköisiä. Lopuksi valmiit kuvaajat voidaan sommitella raportteihin tai kiinnittää koontinäytölle eli dashboardille. Näiden erona on se, että raportti pohjautuu aina yhteen tietojoukkoon, kun taas koontinäyttö kokoaa tietoa useista lähteistä.

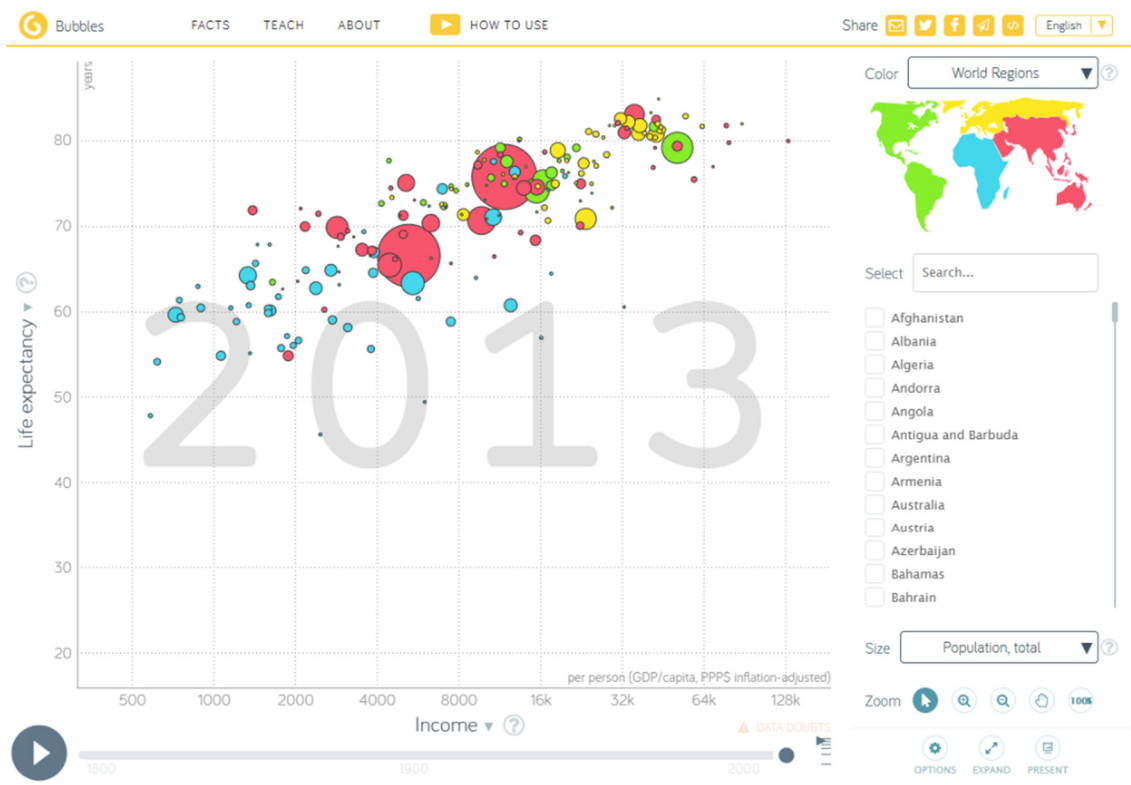
Dashboardilla kuvaajat jakautuvat ennalta määrätyn ruudukon eli gridin varaan. Kuvaajat esitetään ruutuina, joita voi siirtää ja skaalata ruudukon puitteissa. Jos ruutua klikataan, kuvaaja avautuu koko työtilan kokoiseksi tarkempaa analyysiä varten. Windows-käyttöjärjestelmien ”tiiliseinää” muistuttava tyyli helpottaa organisoidun dashboardin muotoilemista. Pienissä ruuduissa pitkien otsikoiden näkyvyys tulee kuitenkin herkästi ongelmaksi. Analyysihetkellä käyttöliittymä ei myöskään mukautunut näytön kokoon, mikä oli yllätys. Palvelu avautuu mobiililaitteillakin, mutta käytännössä se olettaa asiakkaiden lataavan erillisen mobiilisovelluksen.

Vaikka Power BI:hin on saatavilla lisäosina 3D-kuvaajiakin, sovellus sopii ensisijaisesti kaksiulotteisten kuvaajien piirtämiseen. Näin ollen Process Geniusilla on omat vahvuutensa 3D-karttojen ja datagrafiikoiden naittamisessa jopa maailman suurimpia ohjelmistoyhtiöitä vastaan. Power BI:n kiinnostavin piirre on mahdollisuus kysyä datasta fraaseilla, jotka muistuttavat luonnollista kieltä (Microsoft 2017b). Sovellus analysoi dataa ja piirtää vastaukset kuvaajiksi. Jos tekoäly jatkaa kehittymistään, vastaavista ominaisuuksista saattaa muodostua hyvinkin hyödyllisiä nopeuttamalla tiedon kanssa työskentelyä.

3.3.3 Gapminder

Gapminder-säätiön visualisoinnit tulivat tunnetuiksi perustajansa Hans Roslingin TED-luennoista. Gapminder pyrkii havainnollistamaan suurelle yleisölle monimutkaisia yhteiskunnallisia ilmiöitä ajassa liikkuvien, animoitujen kuvioiden keinoin. Tunnetuin näistä on animoitu pallokuvio eli motion chart (kuva 6).

Visualisoinnit toteutettiin alkujaan Roslingin kehittämällä Trendanalyzer-ohjelmistolla, jonka Google osti vuonna 2007 (Forbes 2007) ja kehitti sen pohjalta omia Google Charts -työkalujaan. Teknologia nojasi Adobe Flash -liitännäisiin, mutta nykyään kehitys on ohjautunut standardeihin web-tekniologioihin, jotka toimivat useimmissa selaimissa suoraan. (Google 2017, Gapminder 2016.)



Kuva 6. Animoitut kuvaajat muuntavat laajat aineistot helposti ymmärrettäviksi tarinoiksi. Maksuton visualisaatio osoitteesta Gapminder.org, CC-BY 4.0.

Nykyinen Gapminder Tools -web-sovellus toimii paitsi tietokoneen selaimessa myös mobiililaitteilla. Sovellus on responsiivinen ja pystyy tarjoamaan samat ominaisuudet näytön koosta riippumatta. Jopa hover-pohjaiset lisätiedot on mahdollista saada puhelimella näkyviin asteikkoa täppäämällä. Suurimmaksi yhteensopivuusongelmaksi muodostuu suorituskyky, jonka puute voi tehdä monimutkaisten kuvaajien piirtämisestä ja animoimisesta nykivää mobiilissa.

Gapminderin visualisoinnit ovat sekä esittäviä että eksploratiivisia. Niitä voi käyttää opetustarkoituksessa, kuten Rosling teki, mutta käyttäjä voi myös itse tehdä lukemattomia erilaisia tietoaaineistojen kombinaatiota tutkiakseen ilmiöitä uusista näkökulmista. Tässä yhteydessä data-animaatiota on käytetty

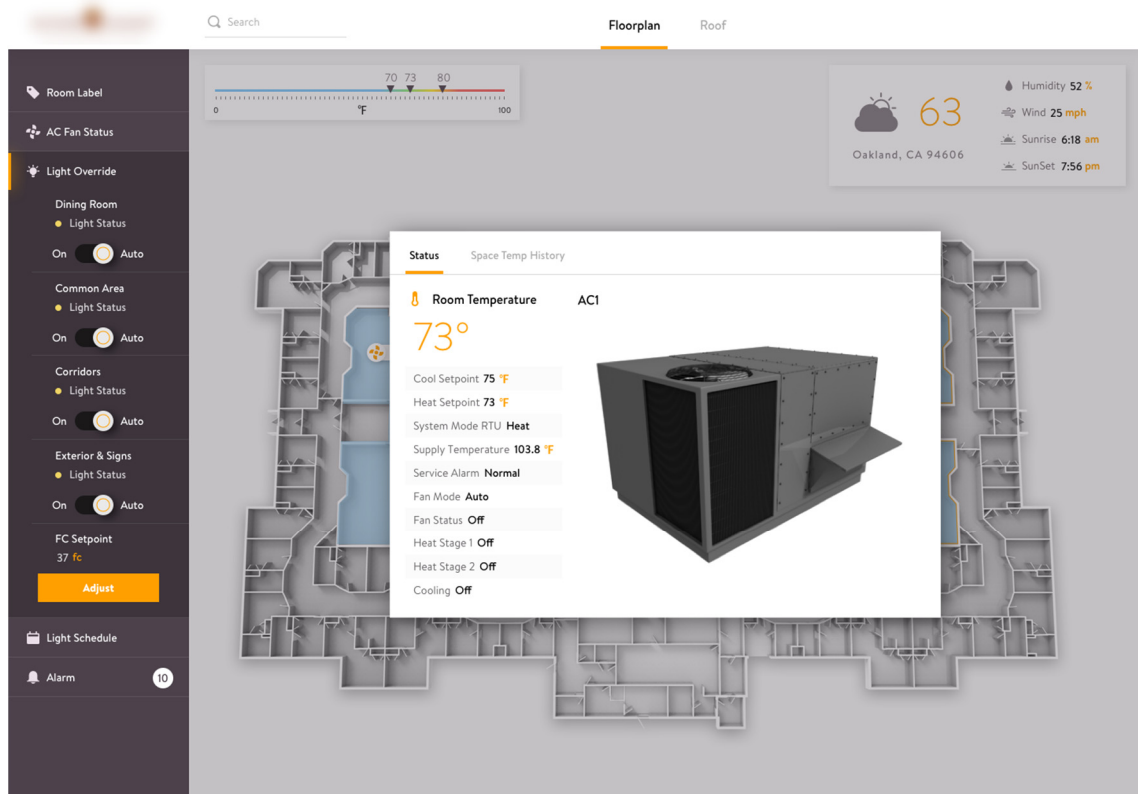
tehokkaasti hyväksi. Liikkuvaan kuvaan kiteytyy paljon tarinallistavaa voimaa. Jopa vuosisatojen mittaiset globaalit aikasarjat piirtyvät näkyviin helppotajuisina ja kompakteina elävinä kuvioina. Samalla liike tuo kuvioihin kokemuksellisuutta, joka motivoi tutkimaan niitä lisää.

3.3.4 Atrius Solution Builder

Atrius Solution Builder (entinen DGLux5) on DGLogikin ja Acuity Brandsin IoT-työkalu, jolla on mahdollista muotoilla datavisualisointeja ja dashboardeja muun muassa älykkäiden rakennusten tarpeisiin. Ratkaisu ei ollut opinnäytetyön puitteissa käyttöönotettavissa, mutta sillä on toteutettu muutama demosovellus (DGLogik 2018a), joita testasin dokumentaation lukemisen rinnalla. Ratkaisusta löytyy ominaisuuksia, jotka ovat lähellä Process Geniusin visualisointeja.

Atrius Solution Builderilla visualisoidaan rakennuksia, tuotantotiloja ja laitteita kolmiulotteisessa muodossa, kuten kuva 7 esittää. 3D-objektit perustuvat kuitenkin esirenderöityyn grafiikkakirjastoon. 3D-näkymä ja sen perspektiivi eivät ole liikuteltavissa niin kuin osassa Process Geniusin ratkaisuja, joissa on mahdollista käyttää myös reaaliaikaista 3D-grafiikkaa. Näin ollen Atrius Solution Builder ei ole myöskään valmis AR-laseille. Esimerkiksi kolmiulotteiselta näyttävä ilmanvaihtokanava kasataan palasista, jotka on piirretty samasta perspektiivistä ja tallennettu kuvatiedostoina. Elementtiä ei voi katsoa vapaasti eri suunnista.

Dashboarden havainnollisuuden näkökulmasta esirenderöintimenetelmä kuitenkin tarjoaa riittävän visuaalisen kontekstin useimmille käyttökohteille, eikä se aseta huomattavia erityisvaatimuksia päätelaitteen tai selaimen ominaisuuksille. Käyttäjä pystyy helposti ymmärtämään esimerkiksi lämpötilaeroja ja valojen käyttöä rakennuksen eri osissa, kun tilan 3D-kuvaa käytetään visualisointikerrosten (esimerkiksi lämpökartta) taustana. Muutoksia visualisointikerroksissa voidaan myös toistaa jälkeenpäin animaationa.



Kuva 7. Atrius Solution Builderilla toteutettu IoT-sovellus rakennuksen hallintaan. Kuva: DGLogik (2018b), käyttöluvan myöntänyt Acuity Brands.

Kuviotyypeistä Atrius Solution Builder hyödyntää viiva- ja aluekuvioita, pylväskuvioita, pallokuvioita ja piirakkakuvioita. Sillä voi piirtää myös mittari-instrumentteja. Yksi alustan vahvuus on monipuolinen visuaalinen editor (DGLogik 2018c), jolla on ainakin periaatteessa helppo rakennella tyylikkään näköisiä kuvaajia ja koostaa niistä seurantanäyttöjä. Testatut demosovellukset ovat visuaalisuudesta hyviä esimerkkejä. Niiden huoliteltu ulkoasu näyttäyty mielestäni jopa trendikkäänä, mitä ei yleensä voi sanoa verkossa esiintyvistä automatisoiduista datavisualisoinneista. Alusta on HTML5-pohjainen ja responsiivinen, eli dashboardit myös mukautuvat näytön kokoon.

3.3.5 SimCity

Viimeisenä vertailukohteenä tarkastelen Electronic Artsin vuonna 2013 julkaisemaa SimCity-videopeliä. Vaikka peli-ala on sinänsä kaukana teollisen internetin toimiympäristöstä, on 3D-pelien tarkastelu mielestäni aiheellista

Process Geniusin 3D-pohjaisen sovelluksen yhteydessä. Tavallisiin web-sovelluksiin verrattuna tietokonepelit voivat tarjota vaihtoehtoisia näkökulmia käyttöliittymän suunnitteluun. Kenties niistä olisi löydettävissä ideoita myös työtehtävien pelillistämiseen. Mikä peleissä houkuttelee jatkamaan pelaamista, miksi pelaaminen tuntuu palkitsevalta?

SimCity on strategiapeli, joka yhdistää yksityiskohtaista kaupunkidataa kolmiulotteiseen pelinäköymään. Peli simuloi muun muassa asutusta, liikennettä, kulutusta, energiantarvetta ja näistä seuraavia ympäristöhaittoja. Pelaaja pääsee tarkastelemaan kaupungin tietoja suoraan 3D-näkymässä kerroksellisten, visuaalisesti yksityiskohtaisten datakarttojen välityksellä (kuva 8). Tavoitteita ja tehtäviä pulpahtaa lisää, kun 3D-näkymään ilmestyy huomiomerkkejä, jotka vaativat pelaajaa reagoimaan. Ratkaisut heijastuvat kaupungin kehitykseen ja asukkaiden hyvinvointiin. Parhaimmillaan onnistumiset luovat positiivisen kierteen, joka motivoi tarttumaan taas uusiin haasteisiin.



Kuva 8. SimCityn kaupunki, jonka päällä visualisoidaan maan arvon tietoja. Kuva: Brian Ford (2018), käytetty tekijän luvalla.

Kuten edellä eritellyistä web-sovelluksista näkee, verkossa suositaan tyypillisesti isojen valikkoelementtien asettamista ylös tai sivupalkkiin. Strategiapeleissä valtavirraksi on kuitenkin vakiintunut alapalkki. Tämä tapahtui pelien siirtyessä käyttämään 3D-grafiikkaa (Treeform 2016). Kuvassommitelmallisesti alapalkki

tulee ikään kuin lähimmäksi pelaajaa. 3D-maailmaa katsotaan palkin yli kuin tietä auton kojelaudan yli. SimCityssä alapalkkiin on tiivistetty numeroiksi, piktogrammeiksi ja mittareiksi myös joitakin keskeisiä muuttujia pelin etenemisestä.

Yksittäisiä kohteita SimCityn 3D-näkymässä voi käsitellä niitä suoraan klikkaamalla. Tällöin pelaaja saa pienen lisätietoikkunan niiden ominaisuuksista. Itse näkymää raahataan hiirellä ja tarkennetaan rullalla. Vastaavia ominaisuuksia voi mielestäni soveltaa myös 3D-näkymään perustuvassa teollisen internetin sovelluksessa, koska SimCity tekee kokonaisuuksien hallinnasta ja yksityiskohtiin porautumisesta mutkatonta ja miellyttävää. Pelin kaltainen sommittelu ja käyttölogiikka saattaisi jopa korostaa toimeksiantajan vahvuuksia 3D:ssä ja lisätä sovelluksen erottuvuutta muihin web-sovelluksiin verrattuna.

4 Konseptisuunnittelu

4.1 Vaatusmäärittely

Sovelluksen kehitys koostuu Sinkkosen ym. mukaan (2009, 37–39) kolmesta vaiheesta: käyttöliittymän tekemisestä, varsinaisesta toteutuksesta sekä testauksesta, käyttöönotosta ja seurannasta. Edeltäneet kappaleet (joissa käsiteltiin sovelluksen nykytilaa, kerättiin aineistoa käyttäjistä sekä vertailtiin vastaavia käyttöliittymiä) luovat pohjan prosessin ensimmäiselle vaiheelle. Tavoitteena on ensin muodostaa kirjallinen vaatimusmäärittely kerätyn aineiston pohjalta. Sen jälkeen valitsen soveltuvat datavisualisointitavat ja suunnittelen sovellukselle käyttölogiikan. Prosessi jatkuisi tästä vielä ulkoasun viimeistelyyn ja sisällön kirjoittamiseen ennen varsinaista toteutusta, mutta nämä vaiheet on rajattu opinnäytetyön ulkopuolelle.

Pidin vaatimusmäärittelyn tiiviinä, mikä heijastelee käytettyä aineistoa. Todellisen ohjelmistoprojektin määrittely voi olla hyvinkin laaja. Vaatimukset voivat olla yksityiskohtaisempia, ja lisäksi määrittelyssä huomioitaisiin esimerkiksi projektin

aikataulu, kustannukset ja riskit. Taulukko 5 mukailee silti Sinkkosen ym. esittämiä vaatimustyyppjä verkkopalveluille (2009, 49).

Taulukko 5. Konseptisuunnitelman vaatimusmäärittely.

Toiminnalliset vaatimukset	Sovelluksella on voitava seurata tuotantolaitoksista ja -prosesseista mitattavaa dataa. Sen on mahdollistettava vertailuja datapisteiden välillä. Tietoa on voitava esittää eri aikajänteillä. Käyttöliittymän taustana käytetään tuotantotilan 3D-mallia, joka on toimeksiantajan vahvuus.
Tietovaatimukset	Palvelu kuvaa mittareista reaaliaikaisesti virtaavaa tietoa eri asteikoilla, kuten lämpötila °C, virtaus m ³ /s, paine kPa ja pyörimisnopeus rpm (liite 2).
Toimintaympäristövaatimukset	Asiakkaat ennakoivat mobiililaitteiden käytön kasvavan. Palvelun on oltava valmis myös älypuhelimille, ei vain tietokoneille. Lisäksi on huomioitava teollisuusympäristön vaihtelevat olosuhteet, jotka voivat vaikuttaa ruudun luettavuuteen ja tarkkuutta vaativien painikkeiden painalluksiin heikentävästi.
Käyttjävaatimukset	Käyttjäryhmät ovat iältään, ammattiosaamiseltaan ja tietoteknisiltä valmiuksiltaan erittäin vaihtelevia. Digitaalisten palvelujen integroituminen yhä laajemmin osaksi teollisuuden prosesseja voi aiheuttaa haasteita etenkin vanhemmille työntekijöille.
Käytettävyyksivaatimukset	Palvelun on oltava mahdollisimman looginen ja helposti käsitettävä. Käytettävyyttä on mahdollista tukea hyödyntämällä Normanin suunnitteluprinsippejä, kuten löydettävyyttä, mahdollisuuksia/merkitsijöitä ja rajoitteita. Lisäksi ikonien ja kuvaajien tulisi olla kulttuurisesti tuttuja, jotta niiden merkitys olisi mahdollisimman monelle ilmeinen. Mobiililähtöinen suunnittelu auttaa palvelun skaalautuvuuden varmistamisessa; toimintoja ei sidota esimerkiksi hiirenkursorin hover-toimintoon.
Saavutettavuusvaatimukset	Suunnittelussa on syytä huomioida värinään poikkeamista kärsivät mahdollistamalla vaihtoehtoisen väriteeman valitseminen. Se voi tukea luettavuutta myös muille käyttäjille, jos käyttöolosuhteet ovat vaikeat.

Apukeinona käyttäjien hahmottamisessa toimivat niin sanotut persoonat, jotka ovat arkkityyppejä todellisista käyttäjäryhmistä. Suunnittelun kohdentaminen

muutamalle arkkityypille on helpompaa kuin abstraktille joukolle. (Sinkkonen ym. 2009, 124–135.) Persoonien muotoiluun käytettävissä ollut aineisto jäi rajalliseksi, koska se perustuu valtaosin yhden asiakkaan kertomukseen. Todellisessa ohjelmistoprojektissa käyttäjiä tulisi tutkia tarkemmin. Mielestäni karkeakin luonnehdinta on silti parempi kuin ei mitään, sillä se antaa jonkin kiintopisteen, jota vasten tuotteen ominaisuuksia voidaan suunnitella ja testata.

Muotoilin tutkimusaineiston pohjalta kaksi suppeaa käyttäjäpersoonaa (taulukko 6), joiden tavoitteena on luoda yleiskuva sovelluksen mahdollisista käyttäjäryhmistä sekä osoittaa ytimekkään esimerkin avulla, mihin tarkoitukseen he sovellusta käyttävät. Jos käyttäjätutkimuksessa olisi saatu aineistoa enemmän, persoonien toimintaa tuotteen kanssa voitaisiin kuvata yksityiskohtaisilla, mittavillakin toimintatarinoilla (Sinkkonen ym. 2009, 135–141).

Taulukko 6. Persoonat ja niiden toimintaesimerkit.

Persoonat ja osaaminen	Mihin käyttää sovellusta	Esimerkki
<p>Pauli Prosessijohtaja</p> <p>Ikä: 41 vuotta</p> <p>Koulutus: DI</p> <p>Asema: keskijohto</p> <p>Osaaminen:</p> <p>Laaja tekninen osaaminen, tuntee tietojärjestelmät kuin omat taskunsa. Kokeilee mielellään uutta ja vertailee aktiivisesti mahdollisuuksia tuotannon digitalisointiin.</p>	<p>Lukee ja vertailee prosesseista saatavaa tietoa tuotannon ylläpitämiseksi ja kehittämiseksi. Tarvitsee selkeän tiedonannon, jos jokin häiriö ilmenee.</p> <p>Arvostaa myös ennakkotietoa tulevista seisauksista. Käyttää sovellusta pääasiassa tietokoneella.</p>	<p>Pauli tarvitsee tarkempaa tietoa laitteesta, joka on oikutellut. Hän klikkaa laitetta tuotantotilan 3D-näkymässä, mikä avaa pikanäkymän laitteen suorituskyvystä. Sen alta hän klikkaa Analysoi. Avautuvassa analyysinäkymässä hän rajaa tarkastelujaksoa ja näkee kuvaajasta selkeitä poikkeuksia mittaustuloksissa. Tutkiakseen pitemmän ajan trendiä hän vaihtaa graafin tyyppiä ja peilaa tulosten kehitystä pitkän ajan keskiarvoon. Tulokset näyttävät laskevilta. Pauli päättää varata huollon. Hän klikkaa sivupalkista Kirjaa huolto - linkkiä ja täyttää avautuvaan lomakkeeseen huollon tiedot.</p>

<p>Pentti Prosessimies Ikä: 56 vuotta Koulutus: ammatillinen Asema: työntekijä</p> <p>Osaaminen: Pitkä kokemus teollisuudesta, mutta sopeutuminen uusiin digitaalisiin välineisiin aiheuttaa haasteita. Niukasti kokemusta monimutkaisista tietojärjestelmistä.</p>	<p>Tarkastaa oman vastuualueensa mittareita, raportoi poikkeamista, hakee dokumentaatiota. Voi joutua käyttämään sovellusta vaikeassakin valaistusolosuhteessa tai kylmässä. Käyttö tapahtuu mobiilisti.</p>	<p>Kirjautumalla omalle käyttäjätililleen Pentti näkee vain oman vastuualueensa laitteet. Hän voisi siirtyä laitteisiin 3D-näkymästä, mutta suosii profiilivalikon alta löytyvää Tallennetut-listaa, koska lista on tuttu. Listasta hän valitsee laitteen, josta hän tarvitsee huoltotietoja, ja tarkistaa tiedot avautuvan analyysinäkymän yhteydestä. Profiilivalikosta hän näkee myös tuntisaldonsa ja voi kytkeä korkean kontrastin moodin, jos ruudusta on vaikea saada selvää valaistuksesta johtuen.</p>
---	--	---

4.2 Informaatioarkkitehtuuri ja käyttöliittymän luonnos

Sovelluksen informaatioarkkitehtuuri rakentuu pääpiirteissään Process Geniusin olemassa olevan ratkaisun varaan. Siinä tietoa käsitellään karkeasti ottaen kolmella tasolla, jotka ovat globaali kartta, laitoskartta ja kuvaajat luetuista mittareista.

Alkujaan hahmottelin tasot niin, että ne kohdentaisivat esitettävää tietoa talousvetoiseen konsernidataan (globaali), yksikkökohtaiseen prosessidataan (laitos) ja mittarikohtaisiin graafeihin. Ylin johto käyttäisi etupäässä globaalia tasoa, laitosjohto laitostasoa ja työntekijät mittaritasoa. Toteutin tästä alustavan rakennekaavion (taulukko 7) ja sen mukaisen karkean rautalankamallin, johon hain palautetta toimeksiantajalta.

Alustavaa ratkaisua pidettiin pääpiirteissään tarkoitukseen soveltuvana. Käyttöliittymän rakenne ja rautalankamallissa kuvattu tilankäyttö vastasivat vaatimukseen. Kyseenalaiseksi asetettiin tiedon vertailtavuus: miten tietoa saisi vielä paremmin vertailtua, jotta sen analyttinen tutkiminen olisi mahdollista?

(Räty 2018.) Tässä vaiheessa en ollut lyönyt lukkoon käyttöliittymään upotettuja kuvaajia, mutta palautteen jälkeen oli selvää, että mittaritiedon tasoon tulisi kiinnittää enemmän huomiota.

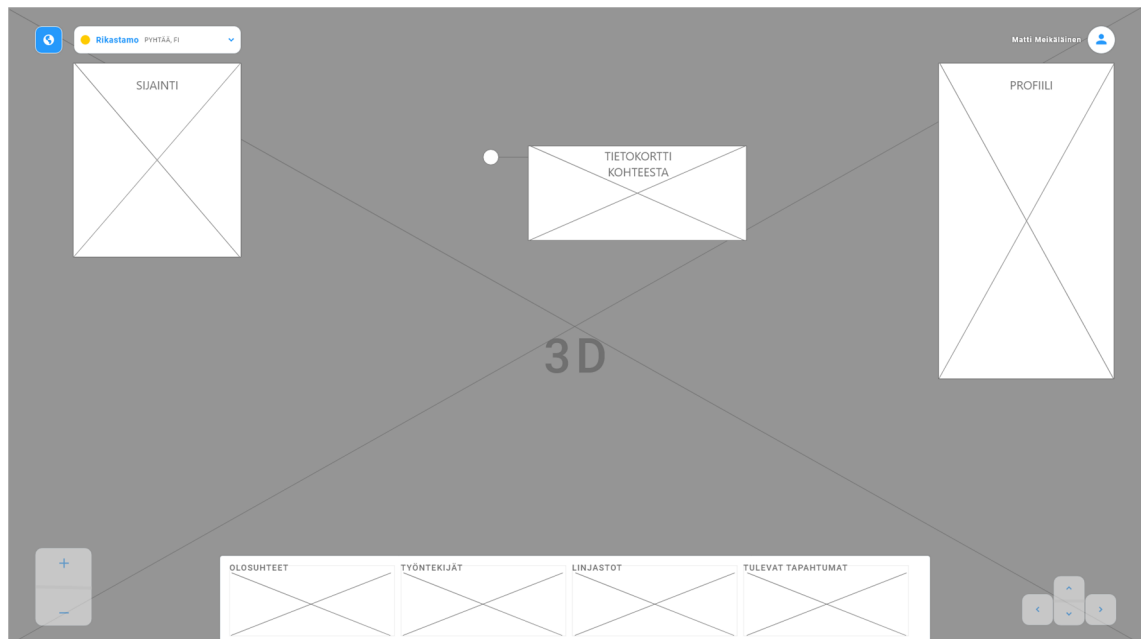
Taulukko 7. Rajattu otos alustavasta rakennekaaviosta.

Ylätaso: Konserni	Keskitaso: Yksikkö	Alataso: Prosessi/linja
Maailmankartta <ul style="list-style-type: none"> • Toimipaikat Talousdata <ul style="list-style-type: none"> • Liikevaihto • Henkilöstö • Toimiala • ... 	Laitoskartta <ul style="list-style-type: none"> • Prosessit/linjat Tuotanto <ul style="list-style-type: none"> • KPI-indikaattorit • Tapahtumat Henkilöstö <ul style="list-style-type: none"> • Työvuoro • Vastuuhenkilöt Olosuhteet <ul style="list-style-type: none"> • Lämpötilat • Valaistus 	Prosessin/linjan lähikuva <ul style="list-style-type: none"> Sensarit <ul style="list-style-type: none"> • Datavisualisointi • Vertailumoodi Häiriöt Verrokkit Dokumentit

Välipalautteen perusteella päätin tiukentaa työn rajausta. Lopullisessa konseptissa ei ole mukana konsernitasoa, vaan keskityn kuvaamaan vain laitostason ja mittaritason tietoa. Päätöksen myötä työ vastaa lähemmin myös opinnäytetyön alkuperäistä tarkoitusta. Konsernijohdon tasoa ja tietovaatimuksia ei tutkittu tehdyssä käyttäjätutkimuksessa.

Koska käyttöliittymälle sommiteltua rakennetta pidettiin kuitenkin käypänä, jatkoin kehitystä sen osalta eteenpäin. Esimerkiksi käyttöliittymäelementtien jaottelu ruudun reunoihin oli mielestäni alusta asti loogisin tapa lisätä käyttöliittymän opittavuutta. Käyttäjän ei tarvitse muistaa, millä nimellä tiettyä asiaa kuvataan (kuten pitkissä pudotusvalikoissa), kunhan muistaa kulkea oikeaan suuntaan ja tunnistaa etsimänsä tiedon. Peleistä muistuttava alapalkki istuu myös luontevasti 3D-perspektiiviin. Isoimmat käyttöliittymäelementit ovat ikään kuin lähinnä katsojaa, kun taas pienemmät ja kevyemmät elementit voidaan sijoittaa ruudun yläreunaan. Samalla valikkoikonin koko korreloi siitä avautuvan valikon koon kanssa. Alapalkkiin sijoitetut ruudut ovat konseptin suurimmat valikkoikonit, ja niistä avautuu lähes koko ruudun kokoinen ikkuna.

Vastaavasti kuvan yläreunan ikonit ovat pienempiä ja niistä avautuu pienempi valikko. Ikonien koko on jo itsesään merkki piilossa olevan sisällön laajuudesta.



Kuva 9. Luonnos käyttöliittymästä. Elementtien sommittelu asettui jo varhaisessa vaiheessa lähelle lopullista.

Alapalkissa tarkoituksena on tarjota neljä selkeästi erottuvaa, tekemisen tavoitteeseen ankkuroituvaa tietoruutua. Luonnosvaiheessa (kuva 9) palkissa olivat Olosuhteet, Työntekijät, Linjastot ja Tulevat tapahtumat. Lopullisen konseptin muutin valinnat muotoon:

- Prosessit ja laitteet (koontinäyttö ja lista, suunniteltu tässä konseptissa)
- Laatu ja poikkeamat (koontinäyttö ja lista)
- Viestit ja dokumentit (intraverkon tai vastaavan sisältö)
- Analysoi ja vertaa (analytiikkatyökalut, suunniteltu tässä konseptissa)

Tässä muodossa ruudut vastaavat mielestäni paremmin tekemisen tarkoitusta. Esimerkiksi olosuhteet (lämpötilat) voidaan järkevämmiin esittää suoraan 3D-taustassa. Laitteet tulisi kuitenkin löytyä listana, josta niitä pääsee myös muokkaamaan. Samoin poikkeamat on hyvä listata. Alapalkin jokaisessa valintaruudussa näkyy KPI eli tunnusluku tai vastaava esikatselutieto, joten yleiskuvaa voi seurata myös vilkaisulla ilman valikoiden avaamista. Shneidermanin mantran mukaisesti yleiskuva tulisi olla ensin, tarkennus sitten.

Yksittäisiin laitteisiin pääsee käsiksi paitsi Prosessit ja laitteet -listan kautta tai hakemalla ne analyysi-ikkunassa, myös klikkaamalla niitä suoraan 3D-näkymässä. Tällä toistetaan jo ennestään hyvä kytkentä mittareiden ja tosimaailman välillä. Laitetta klikattaessa siitä avataan pieni tietoikkuna, josta voi hypätä analyysiin tai raportoida laitetta koskevasta poikkeamasta. 3D-näkymään on upotettu myös tieto tuotantotilan ja huoneiden olosuhteista, kuten lämpötilasta. Sovellus toimisi suurelta osin pelkästään 3D-näkymästä käytettynä, mutta listanäyttöjen etuna on tiedon tiiveys, jota 3D-näkymässä ei saavuteta.

4.3 Kuvaajien valinta

Kuvaajat, joilla dataa visualisoidaan, vaikuttavat merkittäväällä tavalla kerätyn tiedon luettavuuteen ja hyödyllisyyteen. Kuten tietoperustan pohjalta voidaan todeta, ihmiset eivät ole järin hyviä käsittämään suuria määriä numeraalista tietoa. Kuvaajiksi muutettuna suurtenkin tietomassojen merkitys piirtyy näkyviin. Näin esimerkiksi poikkeamat tuotannossa on helppo havaita. Silti kuvaajien valinnassa on oltava tarkkana, koska vaihtoehtoja on miltei loputon määrä, mutta mikä tahansa kuvio ei sovellu reaaliaikaisesti kerättävän tiedon esittämiseen ja täytä samalla muita hyvältä visualisoinnilta edellytettäviä ominaisuuksia.

Tässä osiossa pyrin löytämään ja esittelemään mallikuvaajat, jotka tyydyttävät toimeksiantajan toiveet tiedon vertailtavuudesta, toimivat vuorovaikutteisessa muodossa (myös kosketusnäytöllä) ja mahdollistavat tietoon tarkentamisen tarvittaessa. Kuvaajien on oltava mahdollisimman tarkkoja, kohdeyleisölle luettavia ja sovelluttava mitattavien suureiden kuvaamiseen (liite 2). Viime kädessä kuvaajien valintaa ohjaavat ne kysymykset, joihin asiakas sovellusta käyttäessään hakee vastauksia. Tässä opinnäytetyössä ei kuitenkaan toimita suoraan minkään asiakkaan projektissa. Siksi kuvaajista ei ole mielekästä muotoilla erityisen spesifejä, vaan jätän ne toimeksiantajan toivomusten mukaisesti yleiselle tasolle. (Räty 2017a, Saarenheimo 2017, Akkila 2017.)

Teollisuudessa dataa mitataan monista lähteistä. Mitattaviin suureisiin lukeutuvat esimerkiksi virtaukset (neste tai materia), lämpötilat, paineet,

pyörimisnopeudet ja käyttöasteet. Kaikilla on eri mittayksikkö, ja ne vaativat oman asteikkonsa. Yhteinen ulottuvuus on kuitenkin aika. Jos tässä mukaillaan Kirkin tekemää luokittelua, tällaiset visualisoinnit ovat ensisijaisesti ajallisia ja niiden tarkoituksena on kuvata muutostrendejä jonkin ajanjakson yli. Niinpä tiedosta voidaan piirtää aikasarjoja, joissa kaksi tai useampi muuttuja yhdistyy vertailtavaksi samaan kuvaajaan saman ajanjakson puitteissa. Aikaulottuvuus ohjaa olennaisesti parhaiten soveltuvien kuvioiden valintaa. Kuva 10 esittää valitut kuviotyypit, joiden valintaprosessi on dokumentoitu liitteessä 3.

VALITUT KUVIOTYYPIT



Kuva 10. Tiedon visualisointitavat toteutettavassa konseptissa.

Liitteessä 3 on arvioitu mahdollisten kuviotyyppien soveltuvuutta aiemmin esitettyihin vaatimuksiin. Kiinnitän huomiota tiedon tarkkuuteen ja vertailtavuuteen, mahdollisiin vuorovaikutustapoihin, kuviotyyppien tunnettuuteen ja mahdollisuuksiin soveltaa sitä mitattavien muuttujien kontekstissa. Jos kuvaajasta on olemassa hyvin samanarvoisia muunnelmia – kuten viivakuviosta

aluekuvio – en ole tehnyt niistä erillistä arviointia. Valintaprosessissa on esikarsittu kuvaajia, jotka eivät ole aiheen kannalta relevantteja tai niille on ollut vaikea keksiä jatkuvan mittaritiedon luentaan sopivaa käyttöä. Tiedot on järjestetty taulukkoon niin, että tämän opinnäytetyön kannalta soveltuvimmat kuviotyypit ovat ylimmäisenä.

Analyysin perusteella viivakuviot ovat ensimmäinen valinta mittaritiedon kuvaamiseen teollisen internetin sovelluksessa. Se on hyvin yleiskäyttöinen kuviotyyppi muutostrendien kuvaamiseen. Viivakuviot ovat käytössä jo kehityskohteen lähtötilanteessa, mutta ehdotan sen rinnalle kaistakuviota, joka auttaa tiivistämään tietoa pitemmässä aikasarjoissa, joissa jokaista mittausarvoa ei voida piirtää näkyviin. Kaistakuviot esittävät tiedosta paitsi keskiarvon myös ääriarvot eli piiloon jäävien arvojen vaihteluvälit. Pylväskuvio on niin ikään hyvin tunnettu kuviotyyppi, mutta se sopii parhaiten kategorisen tiedon vertailuun. Aikasarjoissa se soveltuu lähinnä loogisten kokonaisuuksien kuvaamiseen, jotka eivät edellytä tiedon näyttämistä yhtenä jatkumona. Sovellan pylväskuviota päivittäisten, viikoittaisten tai kuukausittaisten keskiarvojen suhteelliseen vertailuun pitkän ajan keskiarvoon nähden. Se siis kertoo prosentuaalisesti, jäävätkö esimerkiksi viikoittaiset keskiarvot pitkän ajan keskiarvon alle vai tapahtuuko keskiarvoissa kehitystä ylöspäin.

Viivakuviot tukevat myös vuorovaikutteisia ominaisuuksia, kuten tietoon tarkentamista, tiedon suodattamista (muuttujien/viivojen määrän lisääminen tai vähentäminen) ja lisätiedon avaamista valitusta kohdasta aikasarjaa. Viivakuviot käyvät monenlaisille muuttujille – myös logaritmisista asteikkoista vaativille – ja asteikon voi esittää tarvittaessa katkaistuna, jotta muutostrendi piirtyy selvästi näkyviin. Yhtenä rajoitteena vertailujen tekemiselle on se, ettei kuvioon ole järkevää upottaa enempää kuin kaksi eri asteikkoa tai mittayksikköä (merkitään kuvion oikeaan ja vasempaan laitaan). Esimerkiksi rinnakkaiskoordinaatisto mahdollistaa monimutkaisempien vertailujen tekemisen, koska siihen sopii useita eri asteikolle sijoitettavia muuttujia. Toisaalta se on myös monimutkaisempi toteuttaa ja vaatii mielestäni tarkan määrittelyn yhdessä asiakkaan kanssa toimiakseen tarkoituksenmukaisesti. Yksi mahdollinen käyttötapaus

rinnakkaiskoordinaatistolle voisi ehkä olla prosessin peräkkäisten vaiheiden mittaaminen samassa kuvaajassa.

Siinä missä viiva- ja kaistakuviot käyvät hyvin trendin ilmaisemiseen, valitsin nauhakuvion hajonnan kuvaamiseen. Hajonnalla voidaan tutkia, onko mittaustuloksissa selkeitä poikkeavia arvoja. Nauhakuvio on samalla tiivis. Se vaatii horisontaalisessa muodossaan vain yhden rivin per muuttuja, mikä mahdollistaa lukuisten samaa mittayksikköä käyttävien muuttujien hajonnan vertailun. Vastaavasti parvikuvio soveltuu korrelaatioiden analysointiin – esimerkiksi lämpötilan ja paineen korrelaation arviointiin valitussa laitteessa. Nauha- ja parvikuvio eivät näy samalla tavalla aikasarjana kuin viivakuviot. Niiden kohdalla ajan valintaa ja rajausta voidaan ajatella tietyn osajoukon poimintana kaikkien tulosten joukosta.

Nauha- ja parvikuviossa periaatteessa jokainen aikavalinnan sisään mahtuva tulos tulisi piirtää pisteenä mitta-asteikolle. Tavanomaiset tulokset kasautuvat siten tiiviiksi ja osittain limittäiseksi sumpuksi. Rajoitteena tässä on se, että yksittäisiin tuloksiin on vaikea täpätä. Toisaalta hajontaa kuvatessa kiinnostavimpia ovat nimenomaan ne tulokset, jotka erottuvat pääjoukosta.

Liitteessä olevan analyysin järjestystä ei ole tarkoitettu hyvä–huono-tyyppiseksi. Käytännössä kaikki analysoidut kuviotyypit ovat käyttökelpoisia jossain tilanteessa. Alemmas luokittelussa sijoitetut vain asettavat kapeammat rajat sille, mihin niitä kannattaa teollisen mittaritiedon kontekstissa soveltaa. Kuvion valinnassa pitäisi aina olla jokin ohjaava kysymys, johon kuvion halutaan vastaavan. Se riippuu viimekädessä asiakkaan yksilöllisistä tarpeista. Koska tässä työssä ei toimita suoraan minkään asiakkaan kanssa, sovellan konseptissa lähinnä yleispätevimpiä kuviotyyppejä.

Tietoa mitataan myös sellaisista muuttujista, joita ei mielestäni tulisi liittää kuvaajiin, vaan ne kannattaisi ennemmin visualisoida suoraan 3D-pohjakuvassa karttagrafiikoiden menetelmiä hyödyntäen. Tällaisia muuttujia ovat esimerkiksi tuotantotilojen valaistus ja värinäensoreista pääteltävä tieto siitä, onko jokin laite käynnissä. Samoin kannattaa menetellä gps-sijainnin kanssa (esimerkiksi trukit).

Pohdin alkuperäiseen konseptiluonnokseen animoituja kuvaajia. Rajasin animaation kuitenkin lopulta tämän työn ulkopuolelle. Syynä on rajallinen työaika ja halu tutkia animaation mahdollisuuksia perusteellisesti. Periaatteessa animaation voisi toteuttaa yksittäisissäkin kuvaajissa valitun aikajakson toistona, mutta pohtisin ennemmin data-animaatiota kokonaisvaltaisena osana koko sovellusta – mukaan lukien 3D-mallia. Kolmiulotteiseen karttagrafiikkaan yhdistettynä animaatio saattaisi helpottaa syy-seuraussuhteiden ymmärtämistä.

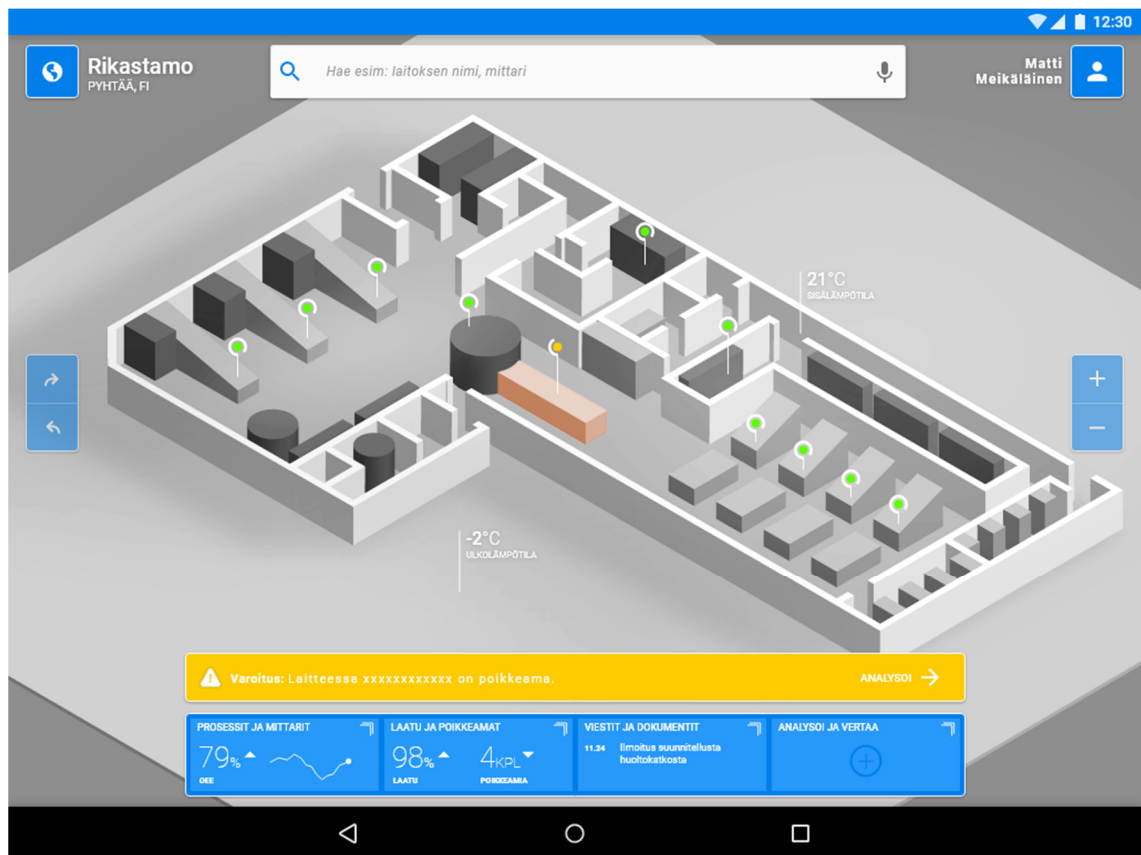
4.4 Valmiin konseptin koostaminen

Tässä vaiheessa on käsitelty aiheeseen liittyvä tietoperusta, tehty asiakaskysely, tarkasteltu verrokisovelluksia, määritelty vaatimukset, testattu varhaisia ideoita toimeksiantajalla ja valittu sopivimmat kuvaajat. Esittelen valmiin konseptin sanallisen kuvauksen ja muutamien keskeisten esimerkkiruutujen muodossa. Kokonaisuudessaan konsepti on kuvattu liitteessä 4.

Keskityin konseptissa tablet-ympäristöön. Asiakaskyselyn mukaan tabletit ja älypuhelimet yleistyvät tuotannon seurannassa, mutta tietokoneet pysyvät käytössä niiden rinnalla. Mobiililähtöisyys on perusteltu valinta. Kun mobiili käyttöliittymä suunnitellaan ensin, vältetään ratkaisuja, jotka toimisivat luontevasti vain tietokoneen monitorilla ja hiirellä. Datagrafiikan kohdalla yksi tällainen ominaisuus on hiiren hover-toiminto, jolle ei ole kosketusnäyttöön perustuvassa käyttöympäristössä suoraa vastinetta, sillä kosketusnäytöllä ei ole kursoria.

Suunnittelin konseptin Adobe XD:ssä ohjelman tarjoamiin Android-tabletin oletusmittoihin: 1024 * 768 px. Verkkoselailusta johdettujen tilastojen perusteella resoluutio on käytetyin tableteilla (StatCounter 2018). Rakensin konseptin vaakasuuntaiselle näytölle, koska pidin sitä pystynäyttöä miellyttävämpänä orientaationa 3D-tuotantotilan katseluun. Konseptin edetessä esikatselin sitä Adobe XD -pohjaisena interaktiivisena prototyyppinä 9.7-tuumaisella tabletilla varmistaakseni tiedon luettavuuden halutussa koossa.

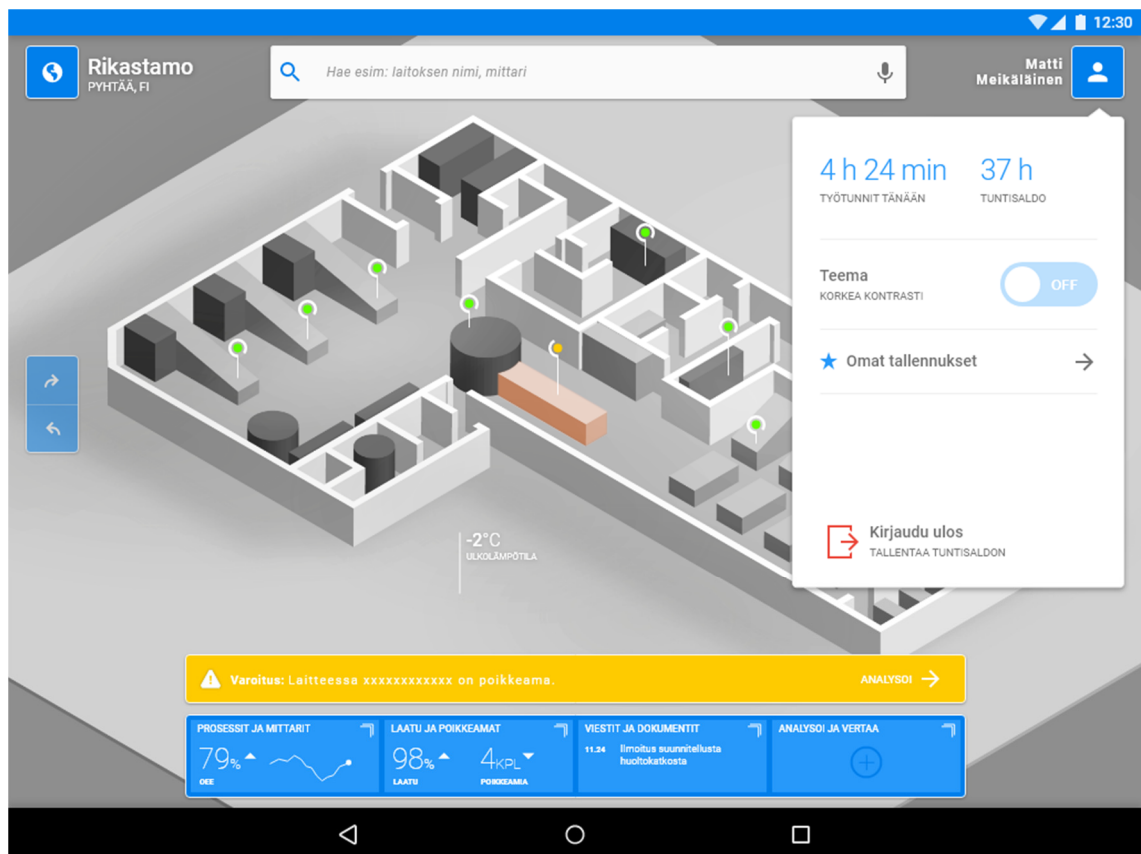
Konseptin etusivulla (kuva 11) näkyy tuotantotilan 3D-malli ja malliin liitettyjen sensoreiden ja mittarien indikaattorit ("tikkunekut"). Lukuun ottamatta huone- ja ulkolämpömittareita, jotka esittävät tiedon suoraan numeraalisessa muodossa, mittarien indikaattorit reagoivat dataan ensisijaisesti vaihtamalla väriä. Väri riippuu määritellyistä raja-arvoista. Värisokealle olennaista redundanssia tuo, jos väri-ikonin ympäri voidaan piirtää lisäksi pienikokoinen viisari tai lävistetty piirakkakuvio, jota olen käyttänyt konseptikuvassa. Indikaattoria täppäämällä aukeaa lisätietoa.



Kuva 11. Tuotantolaitoksen etusivu toteutetussa konseptissa.

Keskeiset valikot ja hakupalkki kelluvat ruudun reunoilla. Valikot on asemoitu ruudun reunoille ja kulmiin, jotta navigoinnin opettelu olisi helpompaa ja halutut ominaisuudet löytyisivät helpommin kuin yhdestä keskitetystä valikosta. Varoitus havaitusta poikkeamasta esitetään erillisenä pop-up-palkkina alavalikon päällä, jotta mahdollinen vikatilanne herättäisi mahdollisimman paljon huomiota. Jos kaikki laitteet ja prosessit toimivat määritettyjen raja-arvojen mukaisesti, varoituspalkki ei luonnollisesti ole näkyvässä.

Sovelluksen yläreunassa on kolme valikkoelementtiä. Vasemman yläkulman painikkeesta avautuu lista, josta voidaan valita tarkasteltava tuotantotila. Keskellä olevaa hakupalkkia täppäämällä kutsutaan laitteen virtuaalinäppäimistöä, jolla haetaan tietoa sanallisesti. Puheentunnistus voitaisiin integroida samaan. Oikean yläkulman painike on käyttäjäprofiili, johon olen suunnitellut tuntikirjanpitoa, teemavalintaa ja listaa tallennetuista laitteista vaatimusmäärittelyn mukaisesti (kuva 12).



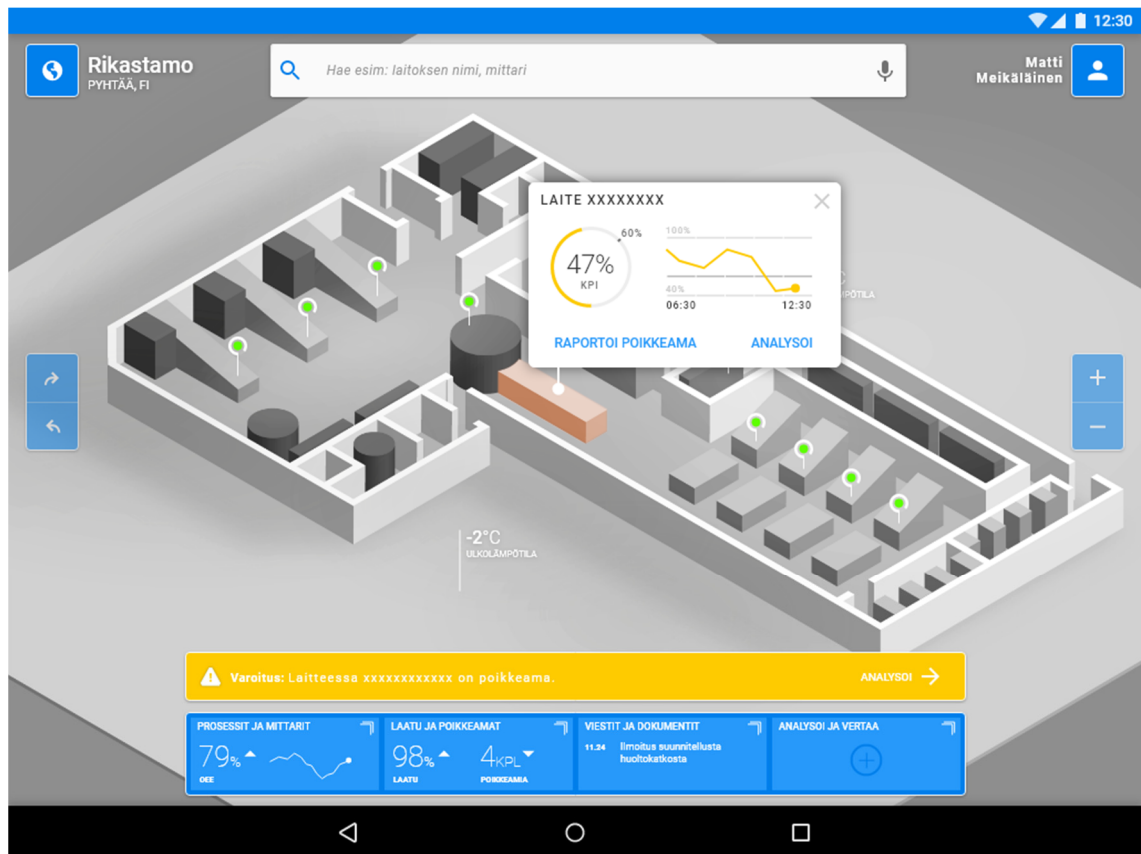
Kuva 12. Profiilivalikko avattuna.

Ajatus profiilivalikosta tuli asiakaskyselystä, jossa toivottiin mahdollisuutta suodattaa tietoa käyttäjän mukaan ja tehdä käytöstä mahdollisimman yksinkertaista kelle tahansa. Työntekijä, joka ei tarvitse sovelluksen kaikkia ominaisuuksia tai osaa niitä käyttää, voisi käsitellä omaa vastuualuettaan periaatteessa pelkän profiilivalikon kautta. Hän löytäisi tarvitsemansa mittarit ja tiedot aina vähintään tallennettujen laitteiden listasta. Käyttäjäprofiili mahdollistaisi sisällön kokonaisvaltaisenkin räätälöinnin. Esimerkiksi 3D-näkymässä näkyviä indikaattoreita ja alapalkin valikoita voitaisiin lukita tai poistaa näkyvistä käyttäjäkohtaisesti.

Toinen tutkimusaineistosta noussut ominaisuus valikossa on korkean kontrastin moodi, joka helpottaisi sovelluksen lukemista auringossa tai värinäön poikkeamista kärsiville. Tarkoitus on, että valinta vaihtaisi sovelluksen oletusvärit mahdollisimman hyvin erottuviin väreihin, joita käsiteltiin tietoperustassa. Oletusvärien ei tulisi olla näin räikeitä. Esimerkiksi Microsoftin Power BI:ssa harmoniset väriteemat tekevät sovelluksen käytöstä miellyttävää. Väriteema sinänsä riippuu kuitenkin aina myös asiakasyrityksen omasta brändistä – siksi värivalintoja ei ole tässä konseptissa sen enempää määritelty.

Navigointi itse 3D-näkymässä tapahtuu raahaamalla 3D-mallia sormella tai hiirellä. Oletan, että käytötapa on riittävän tuttu erilaisista karttasovelluksista, jotta sitä ei tarvitse erikseen painikkeilla korostaa. Zoomaaminen ja näkymän kääntäminen on mahdollista kosketusnäytön eleillä (nipistys, pyöritys), mutta niiden käyttöön löytyvät myös himmennetyt painikkeet näytön sivuilta kyseisten mahdollisuuksien esiin tuomiseksi.

3D-näkymästä mittarin indikaattoria täppäämällä tai klikkaamalla on mahdollista saada tarkempaa tietoa mittarin datasta. Se esitetään tiiviin tietokortin muodossa (kuva 13). Pyrkimyksenä on olla peittämättä liikaa 3D-näkymää, mutta antaa tarkka kuva laitteen tämänhetkisestä tilasta. Kortissa sovelletaan numeroarvoa ja siihen liittyvää lävistettyä piirakkakuvaajaa, jossa näkyvät myös määritetyt raja-arvot. Lisäksi rinnalla on kompaktin kokoinen viivakuvaaja kertomassa lyhyen aikavälin muutostrendistä. Jos tämän tiedon perusteella on aihetta tehdä tarkempaa analyysiä, kortista voi siirtyä varsinaiseen analyysinäkymään tai raportoimaan poikkeamasta.



Kuva 13. Tietokortti, joka ilmestyy laitteen indikaattoria täppäämällä.

Analyysinäkymään voi siirtyä myös alapalkista (oikeanpuoleisin kohta). Ideana on, että aina viimeisin analysoitu tieto pysyisi pikanäkymänä alapalkissa. Näin analyysinäkymän voisi välillä sulkea ja tarkkailla kehitystä alapalkista, josta pääsisi tarvittaessa takaisin samaan analyysinäkymään. Kuvassa 13 mitään ei ole vielä analysoitu, joten kyseinen ruutu on tyhjä.

Analyysinäkymä on kuvassa 14. Toteuttamissani mallikuvioissa olen tavoitellut Tuften minimalismia järkevissä rajoissa. Olen pyrkinyt välttämään ”kuvioroinaa” ja käyttämään viivoitusta säästeliäästi – lähinnä antamaan yleiskuvan arvojen mittaskaalasta. Vuorovaikutteiset kuvaajat eivät mielestäni kaipa täyttä ruudukkoa tai tiheitä hilaviivoja tehdäkseen tietopisteiden arvot näkyviksi, koska tarkan tiedon saa esiin muilla keinoin. Paperilla tilanne on luonnollisesti toinen. Digiympäristössä runsaan viivoituksen haittapuolena on epäselvyys, jos näytön tarkkuus jää pieneksi, kuten vielä toistaiseksi edullisilla tableteilla (tai AR-laseilla).

Suunnitellussa konseptissa tietoon paikantaminen tapahtuu valintamerkkiä raahaamalla kuvaajan aikajanalla tai suoraan tietopisteeseen täppäämällä.

Valitusta kohdasta esitetään tarkka numeraalinen arvo. Tietokoneella tähän olisi mahdollista käyttää myös hiiren hover-toimintoa.

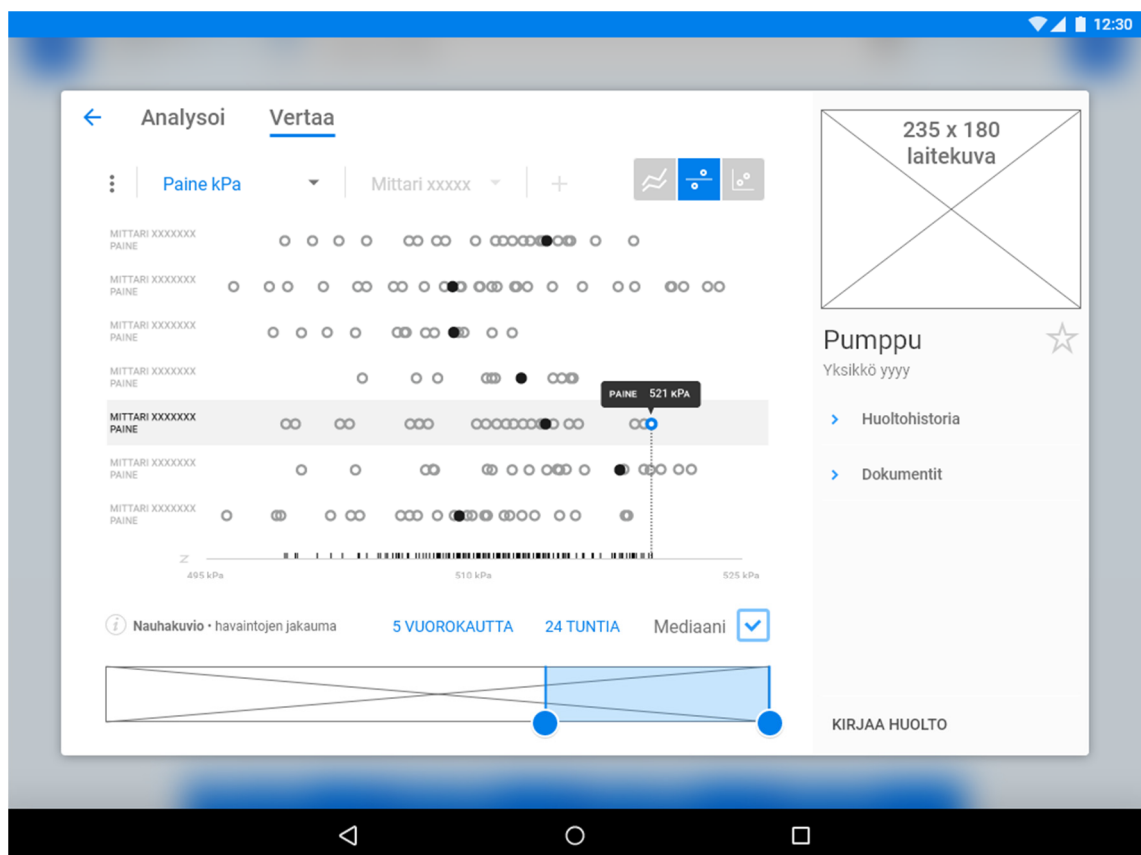


Kuva 14. Analyysinäkymä, johon on valittu viivakuviio ja laskennallinen ennuste tulevasta kehityksestä. Pudotusvalikosta valitaan muuttuja.

Analyysinäkymässä tarkasteltava prosessi ja mittari valitaan kuvion yläpuolelta pudotusvalikoista. Kuvion alta puolestaan valitaan aikajänne, jota voi lisäksi rajata raahaamalla maalattua aluetta pienemmäksi. Sivupalkkiin varasin tilaa tiedoille huolloista ja liittyvistä dokumenteista. Valintaelementtien sommittelussa hyödynnän muun muassa hahmolakien läheisyyden periaatetta. Ikkunan perusrakenne on puolestaan saanut vaikutteita kultaisesta leikkauksesta. Lisäksi se on suunniteltu länsimaisen lukusuunnan mukaisesti niin, että merkittävimmät elementit ovat oikealla ylhäällä ja lisätieto oikealla alhaalla. Erilaiset napit, nuolet ja ikonit noudattavat pääpiirteissään Android-käyttöjärjestelmän konventioita. Siten pyrin maksimoimaan käyttömahdollisuuksien tunnistettavuuden ja ikonien käytettävyyden.

Analyysinäkymä piilottaa etusivun valikot. Tässä sovellan Normanin periaatetta rajoitteista auttaakseni käyttäjää käyttämään tuotetta; tarjolla ovat vain tehtävän kannalta olennaisimmat valinnat. Samalla käyttäjän on kuitenkin helppo havaita, missä moodissa sovellus on, koska analyysinäkymän ikkuna ei peitä 3D-näkymää kokonaan, vaan jättää sen pilkistämään reunoilta. Ajattelin yksityiskohtaa syvyysuuntaisena murupolkuna, jolla on myös luonnollinen analogia työpöydälle kasattaviin asiakirjoihin.

Mahdollisuus tutkia tietoa useasta näkökulmasta on yksi vuorovaikutteisuuden eduista ja luo lisäarvoa staattisempiin esitystapoihin verrattuna. Jotta dataa voisi tutkia tarkemmin, muotoilin analyysinäkymän rinnalle erillisen vertailunäkymän. Siihen sisältyvät kuvaajat on suunniteltu mahdollistamaan nimenomaan vertailuja: ainakin kahden muuttujan yhdistämisen samaan kuvaajaan. Nauhakuvio mahdollistaa vertailuja useampienkin, tässä tapauksessa jopa seitsemän samaa mittayksikköä käyttävän laitteen välillä, kuten kuvassa 15.



Kuva 15. Vertailunäkymä, jossa on lisätty seitsemän laitetta vertailtavaksi samaan nauhakuvioon.

Nauhakuvion tapauksessa kuvion yläpuolella tehtävät mittarivalinnat lähtevät käänteisesti, jotta käyttäjä ei voisi valita muuttujia, jotka eivät kuvioon sovi. Siinä siis valitaan ensin mittayksikkö, ja vasta sitten listataan yksikön mukaista tietoa antavat laitteet. Uusi laite lisätään kuvioon valintojen jälkeen olevasta plusmerkistä. Laitteita voi poistaa vertailusta pudotusvalikosta, joka avautuu rivin alussa olevasta kolmen pisteen ikonista. Nauhakuviio esittää havaintojen hajonnan ja korostaa pistejoukosta keskimmäisen havaintoarvon eli mediaanin. Toisin kuin viivakuvioidissa, aikavalinta ei vaikuta aikajanaan, koska kuviossa ei sitä ole. Sen sijaan aikavalinta rajaa piirrettävien havaintojen määrää. Jos havaintoja on paljon – kuten oletettavasti on – yksittäisiin havaintoihin täppääminen on vaikeaa. Ehdotan ratkaisuksi, että ”nauhan” täppääminen levittää siihen kuuluvat pisteet pystysuunnassa. Näin mitta-asteikolla lähekkäin sijoittuviin pisteisiin on helpompi osua.

Vaikka tässä konseptissa ei ole esitetty ratkaisun skaalausta eri näyttökokoihin, käyttöliittymän rakenne on nähdäkseni hyvin skaalautuva. Alapalkki on mitoitettu niin, että se mahtuisi kääntymään sellaisenaan myös pystysuuntaiselle tabletin näytölle (palkin leveys on 705 px). Suurikokoisella tietokoneen monitorilla 3D-malli ja datavisualisoinnit saisivat suuremman osan näyttöalasta. Alapalkin ja valikkoelementtien koko ei ainakaan merkittävästi kasvaisi, vaan ne hajautuisivat kauemmas toisistaan. Jos sovelluksessa käytettäisiin koko ruudun levyisiä valikkopalkkeja, kuten tyyppillisissä web-sovelluksissa, välistysten kasvu lisäisi tyhjää tilaa. Kelluvien valikoiden kanssa tila vapautuu 3D-taustalle.

5 Tulokset

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää toimeksiantajan käyttämiä tiedon visualisointeja, lisätä tiedon vertailtavuutta ja parantaa tiedon käytettävyyttä teollisen internetin sovelluksessa. Työn tuloksena kehitin konseptin, jossa on pohdittu teollisen tuotannon seurantaan soveltuvia visualisointitapoja ja niiden vuorovaikutteisuutta.

Teollisuudesta kerättävä mittari- ja sensoridata liittyy aikaan. Looginen visualisointimalli tähän tarkoitukseen on viivakuviot, jota toimeksiantaja jo lähtötilanteessa käytti. Sovellan viivakuviota kuitenkin myös toimeksiantajalle uusilla tavoilla kaistakuviona vaihteluvälien kuvaamiseen ja pienoisiivakuvion muodossa. Kiinnitin huomiota kuvaajien kokoon ja tiedon tiiveyteen sekä karsin vuorovaikutteisille kuvaajille tarpeettomia viivoituksia. Muotoilin kosketusnäytölläkin toimivan käyttölogiikan tarkasteltavan aikavälin vaihtamiseen ja tiedon paikantamiseen. Esitin kuvaajatyyppien vaihtamista tiedon arvioimiseksi eri näkökulmista ja ehdotin muun muassa nauhakuvion ja parvikuvion käyttöä vertailuanalyysien visualisointiin.

Toimeksiantajan asiakkaille tekemäni survey-kysely vahvisti ennako-oletuksen, että sovellusten onnistunut jalkauttaminen edellyttää vaihtelevan kohderyhmän huomioimista suunnittelussa. Asiakaskyselyn tulokset ennakoivat myös mobiililaitteiden käytön huomattavaa kasvua teollisuudessa. Vastaavasti paperitulosteiden käytöstä tuotannon seurannassa asiakasyritykset ovat lähivuosina luopumassa. Suunnittelin konseptin mobiili edellä tablet-kokoon ja sisällytin siihen ominaisuuksia vaatimusmäärittelyssä muotoiltuja käyttäjäpersoonia mukaillen.

Benchmarking-vertailuanalyysissä kiinnitin huomiota paitsi ammatti- ja web-sovellusten datavisualisointeihin myös 3D-strategiapelin käyttöliittymään. Mielestäni 3D-tehdasnäkymiä käyttävissä sovelluksissa on mahdollista hyödyntää peleistä muistuttavia ratkaisuja. Sijoitin konseptissa suurimmat valikkoelementit ruudun alareunaan niin kuin strategiapelissä, jotta sommittelu noudattaa luonnollista järjestystä näkökentän syvyysuunnassa. Lisäksi sommittelussa on otettu huomioon käyttöliittymän opittavuus ja skaalautuvuus tablet-laitetta suuremmille näytöille.

6 Pohdinta

6.1 Itsearviointi

Olen tehnyt tätä opinnäytetyötä noin vuoden ajan – joskin harjoittelujen aikana taukoa pitäen. Yllättävintä työn edetessä on ollut se, miten monitahoinen ja usein monimutkainenkin teollisen internetin sovelluskenttä on. Naiivit ennakkoodotukseni työstä johtivatkin siihen, että jouduin jatkuvasti painimaan työn rajauksen ja laajuuden kanssa. Välillä uudet näkökulmat toivat työhön osia, joita siihen ei alkujaan ajateltu kuuluvan, samalla kun joitakin näkökulmia esimerkiksi tiedon animaatioon liittyen päädyin rajaamaan lopullisen työn ulkopuolelle.

Tässä tehty konseptisuunnitelma ei ole – eikä sen ole tarkoituskaan olla – kaikenkattava kuvaus teollisen internetin sovelluksesta. Konseptisuunnitelmassa on kuvattu linkkejä, joiden taustalla olevia sivuja ei avata suunnitelmassa. Nämä ovat tietoisia rajauksia, koska pyrin keskittymään tiedon visualisoinnin ja käytettävyyden kannalta olennaisimpiin sivuihin. Listoja, intranäyttöjä ja asetusvalikoita en pitänyt työn tavoitteiden kannalta keskeisinä. Niiden tarpeen ja olemassaolon tiedostaminen on tärkeää, jotta konsepti ankkuroituu osaksi laajempaa kokonaisuutta. Siksi linkit ovat näkyvissä.

Konsepti on luotu ikään kuin ulkopuolisena konsulttina ilman päivittäistä kontaktia toimeksiantajaan tai asiakkaisiin. Näin olen ollut itse vastuussa kaikista keskeisistä päätöksistä. Toisaalta olen kehittänyt konseptin luetun ja hankitun tiedon pohjalta, mutta toisaalta olen itse myös määritellyt kerätyn tiedon raamit. Omat tiedolliset rajoitukseni suunnittelijana ovat siten rajoittaneet myös lopullista työtä, jolle olisi voinut olla eduksi monialaisen tiimin joukkoäly ja parempi tuntemus teollisuudesta.

Törmäsin useasti ongelmiin yrittäessäni pohtia, minkälaisia prosesseja tuotantotiloissa tyypillisesti on ja miten niitä kannattaisi kuvata, jotta olennaisin tieto tulisi ensimmäisenä esiin. Työ saattaakin näyttää aihepiiriin syventyneelle pintapuoliselta.

Kokemattomuudestani huolimatta olen pyrkinyt tarjoamaan oman suunnittelijan näkökulmani mobiililähtöiseen käyttöliittymään, kuvaajien luettavuuteen ja vuorovaikutteisuuteen sekä yleiseen informaation sommitteluun. Uskon, että tehdyssä työssä on tietoa ja elementtejä, jotka huomioimalla toimeksiantaja kykenee vahvistamaan tuotekehitystään. Opinnäytetyöseminaarissa toimeksiantajalta saatu positiivinen palaute tukee tätä ajatusta.

Opinnäytetyön reliabiliteetti nojaa tietoperustaan ja itse kerättyyn tutkimusaineistoon. Tietoperustan luotettavuutta pidän hyvänä, koska lähteet ovat suhteellisen uusia, lähteitä on monipuolisesti ja tietoa on verrattu myös ristiin. Tutkimusaineisto koostuu haastatteluista, kyselystä ja vertailuanalyysistä. Haastattelujen ja kyselyn tulokset olisivat toisinnettavissa samalla kohderyhmällä. Tuloksia ei kuitenkaan pidä yleistää kattamaan kaikkia yrityksiä, koska tarpeet voivat olla eri kohderyhmällä hyvinkin erilaisia.

Validiteettia arvioitaessa käyttäjätutkimusta olisi toki voinut tehdä syvemmminkin kuin kyselyn muodossa. Esimerkiksi havainnointi olisi antanut konkreettisempaa näkemystä siihen, mihin tällaisia sovelluksia käytetään ja mitä mahdollisia pulmia niihin liittyy. Survey-kyselystä saadut tiedot ovat sinänsä relevantteja, mutta kertovat vain niistä asioista, joita osasin kyselyä tehdessä kysyä. Jälkeenpäin ajateltuna enemmän huomiota olisi voinut kiinnittää niihin täsmällisiin tarpeisiin, joita esimerkiksi tiedon vertailtavuudelta teollisuudessa edellytetään.

Toisaalta havainnot omista virheistä ja tiedollisista puutteista ovat mitä arvokkaimpia oppeja jatkoa ajatellen. Ne luovat pohjan, jonka päälle rakentaa. Opinnäytetyö on tekoprosessina opettanut paitsi teollisen internetin sovelluksista myös sovellussuunnittelusta ylipäätään. Olen sen aikana tutustunut käytettävyysskirjallisuuteen, käyttäjätutkimusten tekemiseen, benchmarking-menelmiin ja ottanut haltuun kokonaan uuden ohjelman: Adobe XD:n. Vaikka matkan varrella on riittänyt haasteita, olen tyytyväinen valitsemastani aiheesta ja saamastani toimeksiannosta. Työstä saadut näkökulmat ovat kasvattaneet omaa ammatillista työkalupakkiani.

6.2 Jatkokehitysmahdollisuudet

Opinnäytetyössä jäi käymättä useita ovia, jotka kuitenkin liittyvät tämänkaltaisiin sovelluksiin. Yksi käsittelemättä jäänyt osa on se, miten tieto sovellukseen tuodaan. Rajasin teknisen konfiguroinnin tarkoituksella opinnäytetyöni ulkopuolelle, mutta sen selvittäminen on edellytys sille, että asiakkaat voivat ottaa sovelluksen käyttöönsä. Suosittelen jatkokehitystä myös karttagrafiikan ja animaation parissa. Karttagrafiikasta tuttuja menetelmiä voisi mielestäni soveltaa 3D-pohjakuviin tavalla, joka tekee merkityksellistä tietoa näkyväksi hyvin helppotajuisessa muodossa. Kerätyn datan toistoa animaationa voisi soveltaa myös 3D-visualisointien kontekstissa.

Mahdollisuuksia jatkokehitykselle jää runsaasti 2D-kuvaajienkin kentällä. Työ ei missään nimessä ole kaikenkattava silläkään saralla. Olin hieman pettynyt, etten kyennyt muotoilemaan varsinaisesti uusia tapoja tiedon kuvaamiseen. Jo käytössä olleet viivakuviot toistuvat konseptissani, joskin vaihtoehtoisissa muodoissa. Konventioihin turvautumiseen vaikutti osaltaan tarve pyrkiä geneeriseen ratkaisuun. Jos työtä tehtäisiin suoraan jollekin asiakkaalle, olisi mahdollista selvittää tarkemmin, mitä tietoa juuri he työssään tarvitsevat ja minkälaisista kuvaajista ja ikoneista se parhaiten piirtyisi näkyviin. Sama koskee koontinäytön muotoilua: sen sijaan, että prosessien avaintiedot vain listattaisiin ruudukoksi, asiakkaalle olennaisimpia tietoja voisi nostaa vahvemmin esiin.

Otin konseptiin yhden pienen piirteen kehityksen ennustamisesta, joka näkyy analyysinäkymän viivakuviossa. Pidemmälle kannattaa pyrkiä. Tätä raporttia viimeistellessä tekoälystä uutisoidaan käytännössä joka viikko. Tekoäly ja automaattinen analyysi ovat tehneet tuloaan myös vastaaviin sovelluksiin. Esimerkiksi Microsoftin Power BI:ssa voi kysyä tietoaineistosta luonnollisella kielellä ja antaa sovelluksen vastata kuvaajilla. Oletan, että kehitys tiedon automaattisen analysoinnin ja kehityksen ennustamisen suhteen tulee kiihtymään. Tiedon visualisoinnissahan on lopulta kyse vastausten antamisesta mahdollisimman helposti ja tehokkaasti. Ei ole mitenkään itsestään selvää, että tulevaisuudessa käyttäjät etsivät vastauksia valikoita auki klikkailemalla.

Lähteet

- Akkila, J. 2017. Toimitusjohtaja. Process Genius Oy. Nauhoitettu haastattelu. 17.10.2017.
- Albers, J. 1991. Värien vuorovaikutus. Helsinki: Vapaa Taidekoulu.
- Bertini, E. 2010. The hidden legacy of Bertin and “The Semiology of Graphics”. Fell in Love with Data. 11.12.2010.
<http://fellovewithdata.com/guides/the-hidden-legacy-of-bertin-and-the-semiology-of-graphics>. 7.12.2017.
- Brasseur, L. E. 2003. Visualizing Technical Information – A Cultural Critique. USA: Baywood Publishing Company.
- Cairo, A. 2013. The Functional Art – An Introduction to Information Graphics and Visualization. USA: New Riders.
- Cleveland, W. S. & McGill, R. 1984. Graphical Perception: Theory, Experimentation, and Application to the Development of Graphical Methods. Journal of the American Statistical Association.
<http://www.jstor.org/stable/2288400>. 18.8.2017.
- DGLogik. 2018a. IoT Dashboards. DGLogik, Inc.
<http://www.dglogik.com/examples>. 7.1.2018.
- DGLogik. 2018b. DGLogik Inc. Photostream. Flickr.
<https://www.flickr.com/photos/dglogik/>. 10.1.2018.
- DGLogik. 2018c. IoE Application Platform. DGLogik, Inc.
<http://www.dglogik.com/products/dglux5-ioe-application-platform>. 21.3.2018.
- Forbes. 2007. Google Buys Data Visualization Software. Forbes Media, LLC.
https://www.forbes.com/2007/03/16/google-trendalyzer-gapminder-tech-internet_cx_rr_0316google.html. 5.1.2018.
- Ford, B. 2018. EA – SimCity, Senior UX Designer. Brian Ford.
<http://www.brianford.net/#/simcity/>. 6.3.2018.
- Gapminder. 2016. Gapminder Tools are coming. Gapminder Foundation.
<https://www.gapminder.org/news/gapminder-tools-are-coming/>. 5.1.2018.
- Google. 2017. Using Google Charts. Google Inc.
<https://developers.google.com/chart/interactive/docs/>. 5.1.2018.
- Hamm, M. J. 2014. Wireframing Essentials – An Introduction to User Experience Design. E-kirja. Iso-Britannia: Packt Publishing.
- Hatva, A. 2009. Merkityksen välittäminen kuvan avulla. Akateeminen väitöskirja. Tampereen yliopisto: Tiedotusopin laitos.
- Kirk, A. 2016. Data Visualisation – A Handbook for Data Driven Design. E-kirja. USA: SAGE Publications.
- Koponen, J., Hildén, J., Vapaasalo, T. Tieto näkyväksi – Informaatiomuotoilun perusteet. Helsinki: Aalto ARTS Books.
- Krug, S. 2014. Don’t Make Me Think, Revisited – A Common Sense Approach to Web and Mobile Usability. USA: New Riders.
- Mendoza, A. 2014. Mobile User Experience – Patterns to Make Sense of it All. Yhdysvallat: Elsevier.
- Microsoft. 2017a. Power BI Free vs Pro. Microsoft Corporation.
<https://docs.microsoft.com/en-us/power-bi/service-free-vs-pro>. 4.1.2018.

- Microsoft. 2017b. Tips for asking questions in Power BI Q&A. Microsoft Corporation. <https://docs.microsoft.com/en-us/power-bi/service-q-and-a-tips>. 4.1.2018.
- Niva, M. & Tuominen, K. 2005. Benchmarking in Practice. E-kirja. Turku: Benchmarking.
- Norman, D. 2013. The Design of Everyday Things, Revised and Expanded Edition. E-kirja. Yhdysvallat: Basic Books.
- Perttilä, S. 2017. Responsiiviset verkkosivut. Oulun ammattikorkeakoulu. Tietotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
- Räsänen, V. 2017. Datat visualisointi web-sovelluksessa. Karelia-ammattikorkeakoulu. Viestinnän koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
- Räty, M. 2017a. Lead UI/UX designer. Process Genius Oy. Kirjattu haastattelu. 9.2.2017
- Räty, M. 2017b. Lead UI/UX designer. Process Genius Oy. Kirjattu haastattelu. 3.3.2017
- Räty, M. 2018. Lead UI/UX designer. Process Genius Oy. Kirjattu välipalaute. 26.1.2018.
- Saarenheimo, R. 2017. Teknologiajohtaja. Process Genius Oy. Kirjattu haastattelu. 3.3.2017
- Saariluoma, P., Kujala, T., Kuuva, S., Kymäläinen, T., Leikas, J., Liikkanen, L. A. & Oulasvirta, A. 2010. Ihminen ja teknologia – Hyvän vuorovaikutuksen suunnittelu. Helsinki: Teknologiateollisuus.
- Sallam, R. L., Howson, C., Idoine, C. J., Oestreach, T. W., Richardson, J. L. & Tapadinhas, J. 2017. Magic Quadrant for Business Intelligence and Analytics Platforms. Gartner. <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-3TYE0CD&ct=170221&st=sb>. 4.1.2018.
- Santamaa, K. 2016. Datat visualisointi organisaatiossa. Turun ammattikorkeakoulu. Tietotekniikka. Opinnäytetyö.
- Shneiderman, B. 1996. The Eyes Have It: A Task by Data Type Taxonomy for Information Visualizations. University of Maryland. <https://www.cs.umd.edu/~ben/papers/Shneiderman1996eyes.pdf>. 19.12.2017.
- Sinkkonen, I., Nuutila, E. & Törmä, S. 2009. Helppokäyttöisen verkkopalvelun suunnittelu. Helsinki: Tietosanoma.
- Smid, L. 2017. Picking Your Mobile Solution: Should You Build A Native App Or Stick With Responsive Web Design? Forbes. <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2017/02/22/picking-your-mobile-solution-should-you-build-a-native-app-or-stick-with-responsive-web-design/>. 18.12.2017.
- StatCounter. 2018. Tablet Screen Resolution Stats Worldwide. StatCounter. <http://gs.statcounter.com/screen-resolution-stats/tablet/worldwide>. 6.3.2018.
- Tieto näkyväksi. 2016. Informaatiomuotoilun sanasto. <http://tietonakyvaksi.fi/sanasto/>. 7.12.2017.
- Treeform. 2016. Strategy Game Battle UI. Medium. <https://medium.com/@treeform/strategy-game-battle-ui-3b313ffd3769>. 15.10.2016.
- Tufte, E. R. 2001. The Visual Display of Quantitative Information, Second Edition. USA: Graphics Press.

- Tuominen, A. 2014. Dashboard-näkymän suunnitteluprosessi uuden pilvipalvelun kehityksessä. Metropolia-ammattikorkeakoulu. Viestinnän koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
- Weinschenk, S. 2011. 100 Things Every Designer Needs to Know About People. E-kirja. USA: New Riders.
- World Bank. 2017. GDP (current US\$) – World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data files. World Bank Group. https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?end=2016&locations=EU-CN-US&name_desc=false&start=2006. 9.1.2018.
- Yi, J. S., Kang, Y. A., Stasko, J. T. & Jacko, J. A. 2007. Toward a Deeper Understanding of the Role of Interaction in Information Visualization. Julkaisussa IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 13:6. USA: IEEE, 1224–1231.

Asiakaskyselyn tulokset

Taustatiedot	6 vastaajaa
Minkä kokoinen yrityksenne on?	<ul style="list-style-type: none"> • Pieni paikallinen toimija 0 • Keskisuuri kansallinen toimija 4 • Suuri kansainvälinen toimija 2
Mitä välineitä käytätte tuotannon seurantaan tällä hetkellä? (monivalinta)	<ul style="list-style-type: none"> • Paperitulosteet 5 • Tietokoneet 6 • Älypuhelimet 3 • Tabletit 2 • Lisätyn todellisuuden lasit 0
Mitä välineitä aiotte käyttää tuotannon seurantaan 5 vuoden kuluttua? (monivalinta)	<ul style="list-style-type: none"> • Paperitulosteet 0 • Tietokoneet 5 • Älypuhelimet 6 • Tabletit 6 • Lisätyn todellisuuden lasit 2
Miten hyvin seuraavat tiedon esitysmuodot soveltuvat nykyaikaiseen tuotannon seurantaan?	Skaala 1–4: ei lainkaan – erittäin hyvin 6 vastaajaa
Perinteiset kuvaajat, kuten pylväskaaviot ja diagrammit, ilman vuorovaikutteisuutta	1. 0 2. 0 3. 3 4. 3
Vuorovaikutteiset kuvaajat, joissa tietoja voi järjestellä ja vertailla eri tavoin	1. 0 2. 1 3. 0 4. 5
Tuotantotilan pohjapiirrokset tai prosessikaaviot	1. 0 2. 0 3. 1 4. 5
Tuotantotilan 3D-malli, jota voi zoomata ja josta saa klikkaamalla tarkempaa tietoa laitteiden toiminnasta	1. 1 2. 0 3. 0 4. 5
Pelkät numerot tai taulukot	1. 0 2. 3 3. 2 4. 1

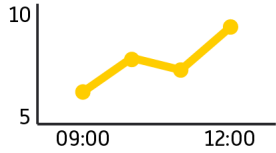
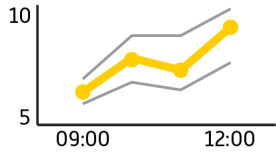

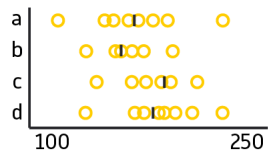
Perusteluja edellisiin	<ul style="list-style-type: none"> • Kaikki visualisointi nopeuttaa tiedon lukemista. Luvuilla voi mennä enemmän detaljeihin. • Soveltuvuus on kyllä täysin riippuvaista millaista tuotantoa tehdään. Prosessilaitos asettaa aivan erilaiset vaatimukset kuin vaikka konepaja.
Miten tärkeitä seuraavat käytettävyystekijät ovat järjestelmässä?	Skaala 1–4: ei lainkaan tärkeää – erittäin tärkeää 6 vastaajaa
Käyttöliittymä on optimoitu mobiililaitteille	1. 0 2. 0 3. 1 4. 5
Käyttöliittymä on optimoitu tietokoneille	1. 0 2. 0 3. 1 4. 5
Tietoihin voi tehdä huomioita tai merkintöjä, jotka välittyvät muille työntekijöille	1. 0 2. 1 3. 1 4. 4
Käyttöliittymää voi muokata, esim. järjestelemällä ja skaalaamalla elementtejä	1. 0 2. 1 3. 3 4. 2
Tietoa on runsaasti näkyvissä, eikä esim. klikkausten takana	1. 0 2. 2 3. 4 4. 0
Käyttöliittymä on siisti ja miellyttävän näköinen	1. 0 2. 0 3. 0 4. 6
Perusteluja edellisiin	<ul style="list-style-type: none"> • Tietoa kannattaa olla vain tarvittava näkyvissä että nopeasti luettua • Tiedon runsauteen liittyen, käyttöliittymän tulee sisältää riittävä määrä tietoa, mutta niin, että eri

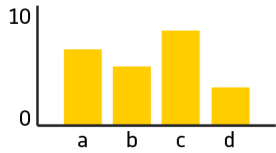
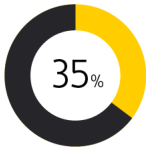
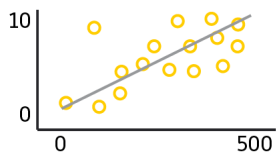
	<p>käyttäjryhmille (mikäli on eri tyyppisiä käyttäjiä) , on omat juuri heille kohdennetut näkymät. Tiedon järjestely siten, että ns. perusnäkymissä vain oleellinen ja siitä selkeiden ja loogisten linkkien&polkujen avulla syvällisempään tietoon käsiksi</p>
Avoimen kysymykset	4 vastaajaa
Mihin toivoisit visualisoinneissa ja käytettävyydessä kiinnitettävän erityistä huomiota?	<ul style="list-style-type: none"> • Että se on on-line • Selkeys, havainnollisuus, muokattavuus • Selkeys, loogisuus. Käytettävyys on hyvällä tasolla kun kuka vaan uskaltaa ja osaa käyttää järjestelmää ja hahmottaa sieltä esim. laitteiston vikaantumiseen liittyvät päätelmät helposti • Käyttöliittymän ja datan (esimerkiksi tietokannoista) helppo liittäminen toisiinsa. Tarpeet muuttuu ja kehittyy koko ajan.
Mitä esteitä näet digitalisaation edistymiselle yrityksessänne?	<ul style="list-style-type: none"> • Laitteiden pitää kestää vettä, kuumuutta yms... • Asenteet ja tiedonpuute • Perinteet, useita olemassa olevia järjestelmiä (päällekkäisyys), ennakkoasenteet, lisenssipolitiikka (pelko lisenssien paljoudesta & kustannusten kohoamisesta), tällähetkellä vielä tietyt tekniset ratkaisut eivät kaikki ole teknisesti&kaupallisesti sillä tasolla että järjestelmän käyttöönotto onnistuisi riittävän helpolla tavalla • Ajan puute hyvän digistrategian tekemiseen ja toteuttamiseen

Eniten käytetyt suureet toimeksiantajan sovelluksessa

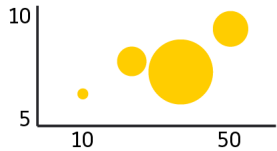
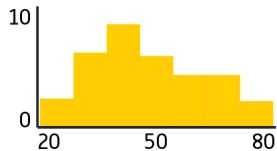
Suure	Tunnus	Huomiot
Virtaus (neste)	m ³ /s	
Virtaus (materia)	kpl/min	
Lämpötila	°C	Laitte, ympäristö, alue, prosessi
Kosteus	g/m ³	Esimerkiksi ilmankosteus huoneessa
Ilmanpaine	kPa (bar)	1 bar = 100 000 Pa tai 100 kPa
Paine laitteessa	kPa (bar)	
Tärinä	Hz	Täristä päätellään, onko jokin laite tai ajoneuvo käynnissä tai liikkeessä
Sähkönsyöttö (virran voimakkuus)	A	
Pyörimisnopeus	rpm	Mitataan pumpeissa ja moottoreissa
Sijainti	gps-koordinaatit	Ei ilmaista graafilla
Valaistus		Vain on/off
Melutaso	dB	Logaritminen asteikko
Käyttöaste	%	Kuinka paljon laitetta käytetään, kuinka paljon se on käyttämätön
Paino	kg	
Iskut	kpl	Laitteeseen kohdistuvat kolaukset

Kuvaajien soveltuvuuden arviointi toimeksiantajan sovellukseen

Kuvion tyyppi ja käyttö	Arviointi	Soveltuvuus
<p>Viivakuvi</p>  <p>Määrällisten muuttujien kuvaamiseen ajan mittaan. Pisteiden yhdistäminen viivalla korostaa ilmiön jatkuvuutta.</p>	<p>Luonteeltaan tarkka kuvaaja (kuvaa sijaintia asteikolla), joka on tehty aikasarjoille ja johon mahtuu enemmän tietopisteitä kuin pylväskuvioon. Helppo tarkentaa ja loitontaa. Mahdollistaa asteikon katkaisun tarkemman näkymän saavuttamiseksi. Laajalti tunnettu. Joustava: toimii monessa koossa ja myös logaritmisella asteikolla.</p>	<p>Useimpiin tarkoituksiin</p>
<p>Kaistakuvi</p>  <p>Viivakuvi, joka esittää keskiarvon ja arvojen vaihteluvälin.</p>	<p>Täydentää viivakuviota. Hyvä vaihtoehto silloin, kun tiedosta zoomataan ulospäin pitempiin aikasarjoihin eikä kaikkien tietopisteiden mahdollistaminen samaan kuvaajaan ole teknisesti järkevää tai pisteet eivät enää visuaalisesti erotu toisistaan.</p>	<p>Useimpiin tarkoituksiin</p>
<p>Pienoisviivakuvi</p>  <p>Sanan kaltainen, tekstiin tai taulukkoon upotettavissa oleva viivakuvi.</p>	<p>Karsittu mutta silti trendiä kuvaava viivakuvion tyyppi, jota kannattaa käyttää listauksissa, valikoissa ja pienoishälytyksissä. Antaa yleiskuvan numeraalisen tiedon taustalla olevasta trendistä. Ei mahdollista järkevää vuorovaikutteisuutta pienen kokonsa puolesta. Pidettävä yksinkertaisena.</p>	<p>Joihinkin tarkoituksiin</p>
<p>Nauhakuvi</p>  <p>Mittaustulosten hajonnan esiin piirtävä kuvio, jonka toisella akselilla on laadullinen ja toisella määrällinen asteikko. Sopii mediaanien ja hajonnan vertailuun.</p>	<p>Tukee useita vertailuja, kunhan käytössä on sama määräasteikko (mittayksikkö). Kompakti. Nauha tuo selkeästi esiin poikkeavat äärihavainnot, mutta keskellä yksittäisten havaintojen täppääminen ja tarkentaminen voi olla vaikeaa pisteiden pienen koon ja päällekkäisyyden takia. Päällekkäisyys on ratkaistavissa laajentamalla ja hajauttamalla nauhaa laatuasteikon suuntaisesti. Määräasteikko mahdollista myös katkaista erojen tarkentamiseksi.</p>	<p>Joihinkin tarkoituksiin</p>

<p>Pylväskuvio</p>  <p>Määrällisen tiedon esittämiseen laadullisten kategorioiden tai ajan suhteen. Korostaa yksittäisiä tietopisteitä ja niiden keskinäistä suhdetta.</p>	<p>Pylväskuvio on hyvin tunnettu, mutta ei sovellu jatkuvan mittaritiedon esittämiseen yhtä hyvin kuin viivakuvio. Käyttökelpoinen laadullisten muuttujien tai pitkän aikavälin keskiarvojen vertailussa (kuukausi- tai vuositaso). Sopii myös kasautuvien määrien kuvaamiseen: esimerkiksi huoltojen lukumäärä laitteissa. Määräasteikkoa ei pidä katkaista, koska se vääristäisi pylväiden pituuseroja.</p>	<p>Joihinkin tarkoituksiin</p>
<p>Lävistetty piirakkakuvi</p>  <p>Osuuden tai osuukien suhde sadan prosentin mittaskaalasta.</p>	<p>Piirakkakuvi ei ole tarkka kuviotyypä vertailujen kannalta, mutta sitä käytetään yleisesti prosentiosuuksien kuvaamiseen. Siitä johdettu lävistetty piirakkakuvi on soveltuva käyttömuoto tässä kontekstissa. Esimerkiksi käyttöaste kannattaa esittää numerona, jonka ympäri kaartuva kuvio toimii visuaalisena lisätietona ja huomionherättäjänä.</p>	<p>Joihinkin tarkoituksiin</p>
<p>Parvikuvio</p>  <p>Käytetään kahden muuttujan keskinäisen suhteen tutkimiseen.</p>	<p>Käytetään korrelaation tutkimiseen. Mahdollistaa esimerkiksi lämpötilan ja paineen keskinäisen suhteen tutkimisen. Mittaustulokset piirretään pisteiksi koordinaatistoon, jossa niiden sijainti kuvaa niiden arvoa sekä x- että y-asteikolla. Tiiviissä parvessa pisteisiin voi olla vaikea täpätä lisätiedon saamiseksi, mutta pisteiden määrää voidaan rajata tarkastelujaksoa rajaamalla. Korrelaatiota voidaan korostaa parven läpi vedettävällä viivalla. Parvikuvio on parhaiten tunnettu tieteellisessä kontekstissa.</p>	<p>Joihinkin tarkoituksiin</p>

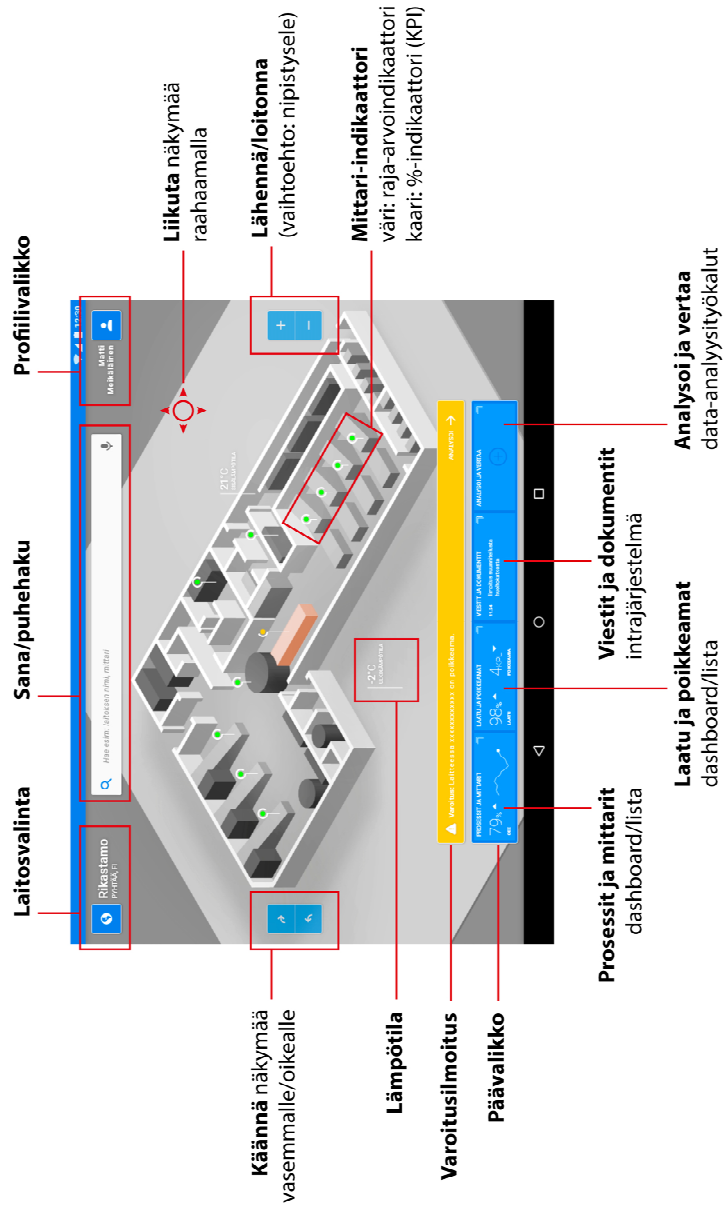
<p>Jaksokuvio</p>  <p>Viivakuvion sovellutus, joka on kehitetty toistuvien jaksojen vertailuun pitkällä aikajänteellä.</p>	<p>Ei järin yleinen viivakuvion sovellutus, mutta tehokas toistuvien jaksojen vertailuun. Jaksot voivat olla esimerkiksi vuosineljänneksiä tai -puoliskoja. Yksi jakso voi kuvata vaikkapa neljää eri vuotta ensimmäisen vuosipuoliskon tuloksen osalta; tuloksen kehitys vertailukelpoisilla jaksoilla piirtyy näkyviin. Jaksokuvio voisi olla vaihtoehto interaktiivisessa viivakuviossa, jos halutaan tarjota mahdollisuus "year-on-year"-vertailuun.</p>	<p>Joihinkin tarkoituksiin</p>
<p>Ruutupuu</p>  <p>Piirakkakuvion tapainen prosentiosuuksien kuvaaja, mutta toteutettuna ruutujen muodossa.</p>	<p>Ruutupuu tukee suurempaa muuttujien joukkoa kuin piirakkakuvio ja mahdollistaa myös porautumisen tietoon zoomaamalla tai ruutuja täppäämällä. Toimii laajojen jakaumia sisältävien ilmiöiden kuvaamiseen (esim. markkinadata), mutta ei juuri muuhun.</p>	<p>Joihinkin tarkoituksiin</p>
<p>Rinnakkaiskoordinaatisto</p>  <p>Useiden määrä- ja laatumuuttujien esittämiseksi yhdessä kuviossa. Tarkoitettu laajojen data-aineistojen eksploraatiiviseen tutkimiseen.</p>	<p>Monimutkainen kuvio, jota voi olla hankala lukea (ja toteuttaa). Oikein käytettynä voi kuitenkin paljastaa riippuvuussuhteita laajasta aineistosta. Suorat viivat muuttujien välillä kertovat, että niiden välillä vallitsee suora riippuvuussuhde; ristiin menevät viivat kertovat käänteisestä riippuvuudesta. Toimii parhaiten vuorovaikutteisessa muodossa, jossa tietoa voi suodattaa ja järjestellä eri tavoin.</p>	<p>Vain spesifiin tarkoitukseen</p>
<p>Janakuvio</p>  <p>Vaihteluvälin, neljännesten ja mediaanin kuvaamiseen.</p>	<p>Janakuvio on tieteellisissä tutkimuksissa käytetty kuviotyyppi, joka kuvaa havaintojen jakautumista tarkasti, mutta kategorisena kuviotyyppinä se ei sovi aikasarjoihin yhtä hyvin kuin kaistakuvio. Kuviossa jana esittää koko vaihteluväliä, laatikko arvojen kahta keskimmäistä neljänneistä ja piste/viiva mediaania.</p>	<p>Vain spesifiin tarkoitukseen</p>

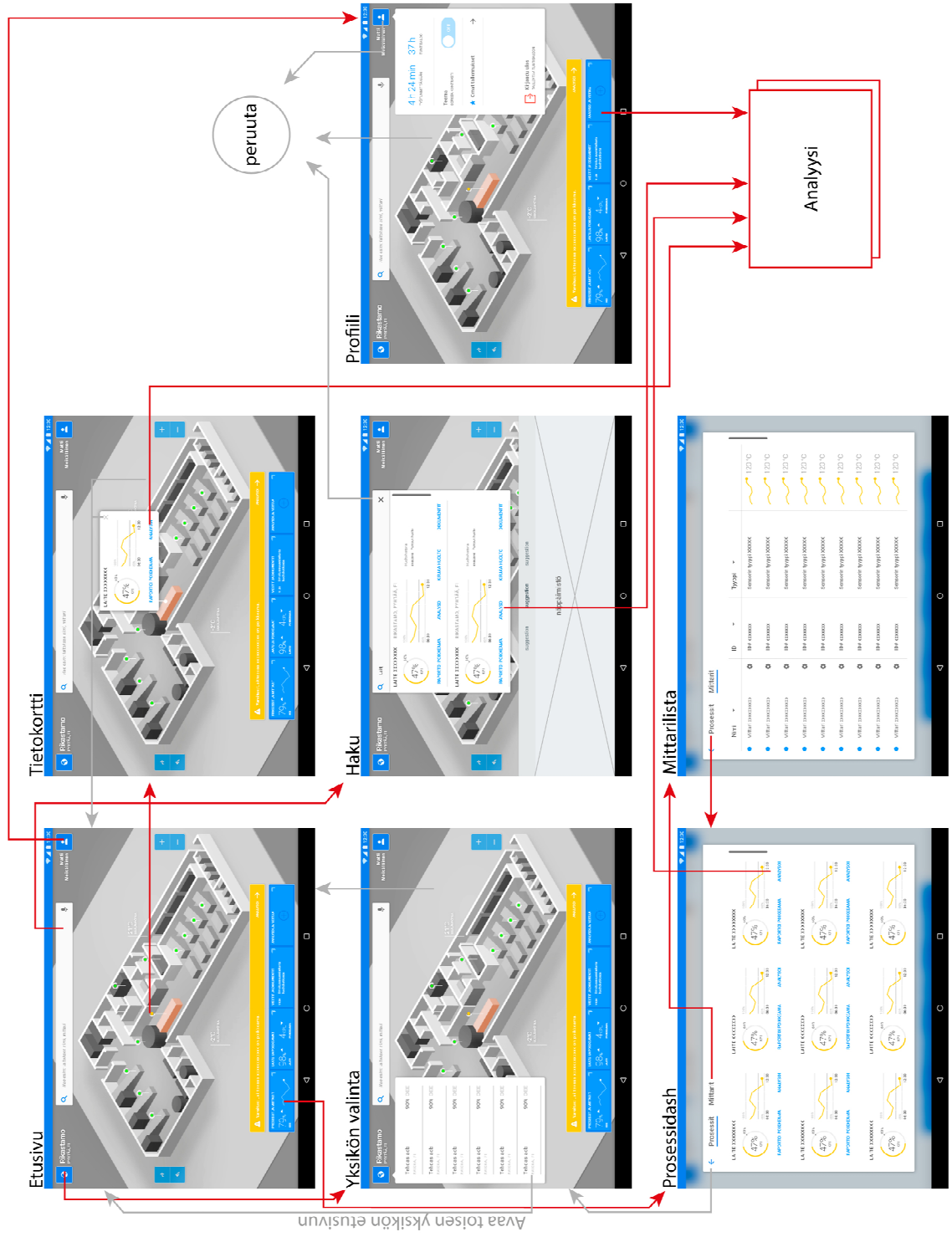
<p>Pallokuvio</p>  <p>Tuo kolmannen muuttujan parvikuvioon koodaamalla sen pisteiden pinta-alaan.</p>	<p>Pallojen pinta-ala ei ole vertailujen kannalta tarkka esitysmuoto, mutta sillä lisätä kontekstualisoivaa tietoa parvikuvioon. Käyttökelpoisuus riippuu siitä, onko merkityksellistä kontekstualisoivaa tietoa saatavilla. Muussa tapauksessa pallokuvioista voi tulla vain vähän sekavampi parvikuvio. Kenties tehokkaimmillaan kuvio on animoituina (motion chart).</p>	<p>Vain spesifiin tarkoitukseen</p>
<p>Histogrammi</p>  <p>Havaintojen jakauman kuvaamiseen tasavälisissä ryhmissä.</p>	<p>Histogrammi ei mielestäni ole ensisijainen valinta tämän opinnäytetyön kontekstissa (jatkuva mittaritieto). Histogrammissa palkit kuvaavat havaintojen määrää, eivät kvantitatiivisia mittaustuloksia ajassa. Sitä käytetään esimerkiksi digikameroissa kuvaamaan, miten valotus jakautuu tummien ja kirkkaiden alueiden välillä.</p>	<p>Vain spesifiin tarkoitukseen</p>

Valmiin konseptin rautalankamalli

Laitoskohtaisen etusivun konsepti

Kimmo Pukkila
Opinnäytetyö, 2018

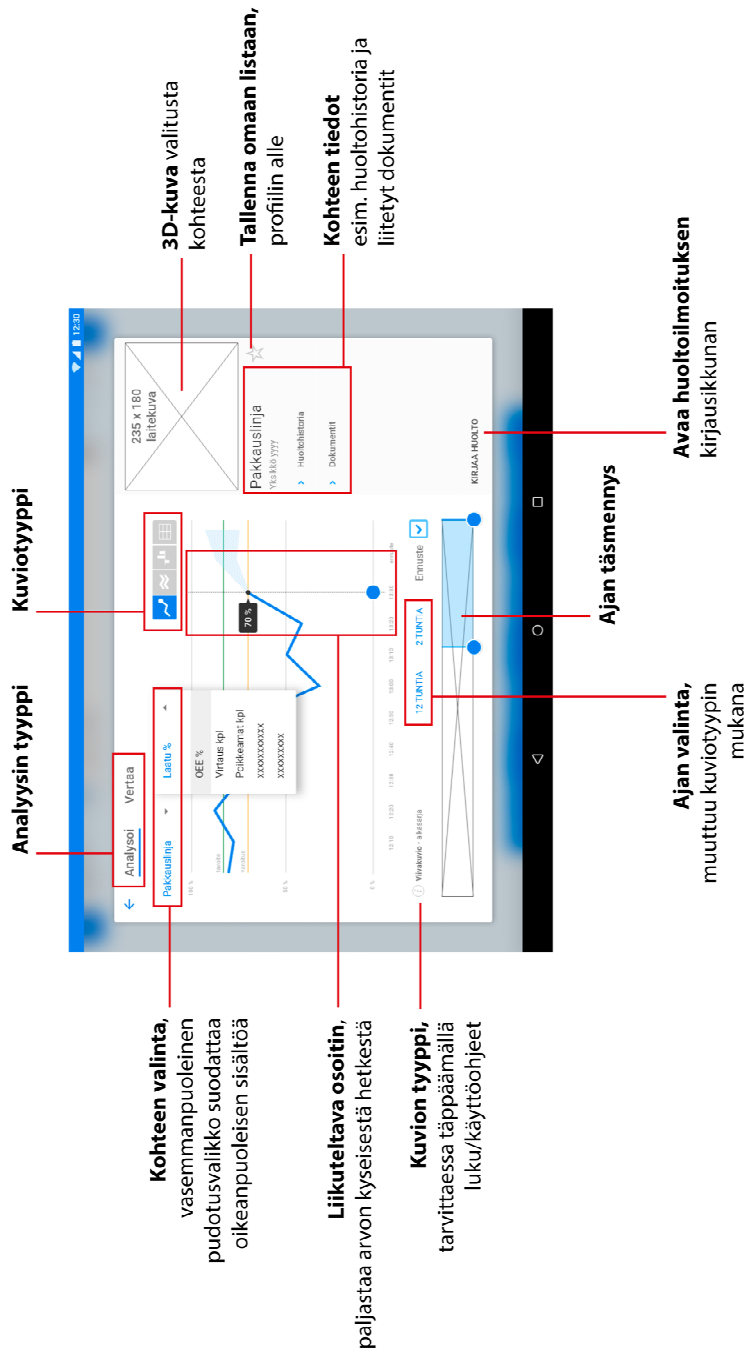




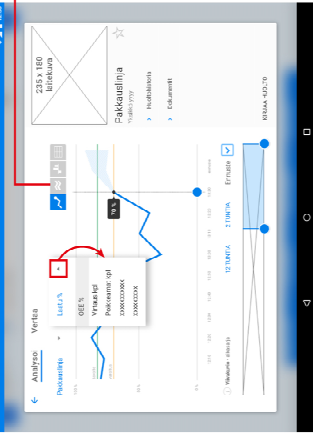
Avaa toisen yksikön etusivun

Analyysi-/vertailunäkymän konsepti

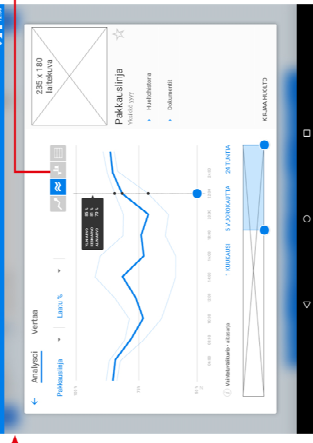
Kimmo Pukkila
Opinnäytetyö, 2018



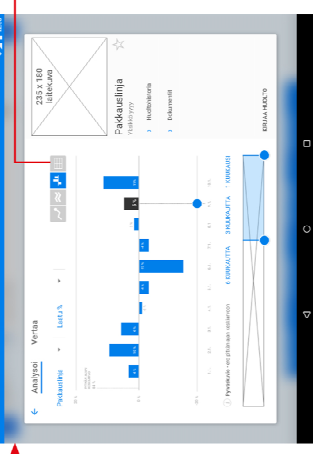
Analysöi: Viivakuvio, muuttujan valinta



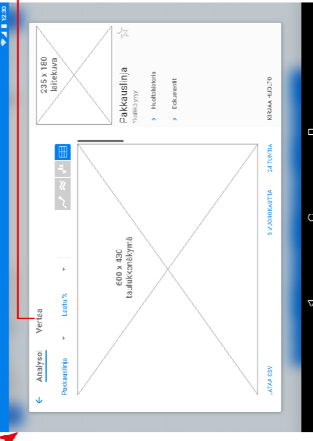
Analysöi: Vaihteluvälikuvio (kaistakuvio)



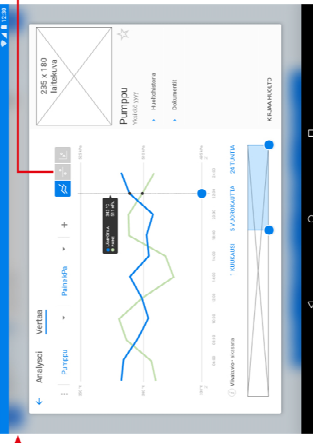
Analysöi: Pylväskuvio, ero pitkän ajan keskiarvoon



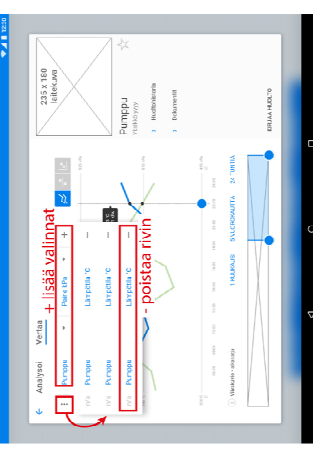
Analysöi: Taulukko (myös taulukon lataus)



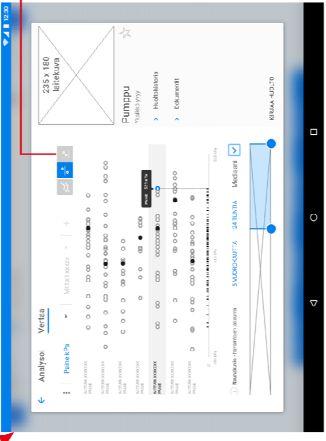
Vertaa: Viivakuvio



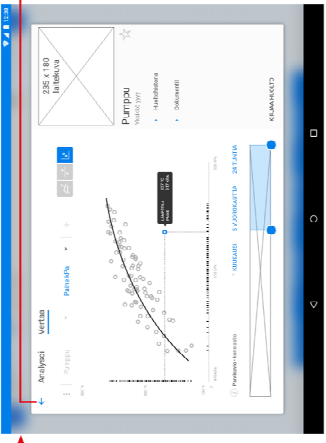
Vertaa: Muuttujien lisäys/poisto



Vertaa: Nauhakuvio



Vertaa: Parvikuvio



Etusivu