



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

**JUKKA PAUKKERI**  
**INFORMAATION VISUALISOINNIN LAADUKKUUSKRITEERIT**  
Diplomityö

Tarkastajat:  
dosentti Ossi Nykänen  
tutkija Anne-Maritta Tervakari  
Tarkastajat ja aihe hyväksytyt Tie-  
to- ja sähkötekniikan tiedekunta-  
neuvoston kokouksessa 4. joulukuuta 2013

# TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Tietotekniikan koulutusohjelma

**PAUKKERI, JUKKA:** Informaation visualisoinnin laadukkuuskriteerit

Diplomityö, 96 sivua, 26 liitesivua

Tammikuu 2014

Pääaine: Hypermedia

Tarkastajat: dosentti Ossi Nykänen ja tutkija Anne-Maritta Tervakari

Avainsanat: Informaation visualisointi, visuaalinen analytiikka, älykkäät informaatiojärjestelmät, laadukkuus, arviointi

Tietomassasta on usein hankala löytää merkittäviä asioita ja oivaltaa niiden välisiä yhteyksiä. Tiedon siirtyessä yhä suuremmalta osin sähköiseen muotoon informaation ymmärtämistä voidaan yhä useammin tukea älykkäillä informaatiojärjestelmillä. Sellainen voi olla esimerkiksi visualisointi, jonka graafinen kuvaus tiedosta ja monipuoliset toiminnot helpottavat välitetyn informaation ymmärtämistä. Visualisointi voi tiivistää tietoa, estää väärintulkintoja, paljastaa ennen näkymätöntä, innostaa tutkimaan dataa ja johtaa uusiin oivalluksiin. Jotta informaation visualisointi voisi olla käyttäjälle mahdollisimman hyödyllinen, on tutkittava laadukkaan visualisoinnin piirteitä ja kehitettävä menetelmiä visualisoinnin laadukkuuden arviointiin. Tässä työssä selvitetään informaation visualisoinnin merkitystä, erityispiirteitä ja laadukkuuden tekijöitä. Lopuksi koostaan laadukkuuden kriteeristö asiantuntija-arviointiin.

Työ on kaksiosainen. Teoriakatsauksessa tutkitaan aiheeseen liittyvää tieteellistä aineistoa ja aihetta käsittelevää muuta kirjallisuutta. Soveltavassa osassa määritetään ensin informaation visualisoinnin erityispiirteitä ja laadukkuuden tekijöitä. Lopuksi koostaan kriteeristö laadukkuuden asiantuntija-arviointiin ja arvioidaan kriteeristön hyödyllisyyttä ja kattavuutta.

Tutkimus osoittaa, että laadukkaan informaation visualisoinnin kehittämisessä vaaditaan ymmärrystä hyvin laajalta alueelta, joten keskeisimmät asiat kattava heuristiikka on hyödyllinen. Tutkimuksen tuloksena on löydetty 12 heuristista sääntöä kysymyksineen, tarkennuksineen ja kehitysvihjeineen. Säännöt käsittelevät havainnointia, ymmärtämisen tukemista, analyysiprosessin tukemista ja saavutettavuutta. Listaus on hyödyllinen sekä suunniteltaessa että arvioidaessa informaation visualisointeja.

## ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Information Technology

PAUKKERI, JUKKA: Quality criteria for evaluation of information visualizations

Master of Science Thesis, 96 pages, 26 Appendix pages

January 2014

Major: Hypermedia

Examiners: Adjunct Professor Ossi Nykänen and Researcher Anne-Maritta Tervakari

Keywords: Information visualization, visual analytics, intelligent information systems, quality, evaluation

More and more information is shared in electronic format and via internet. Electronic format makes it possible to transmit information effectively from one person to another using intelligent information systems. An information visualization is one type of intelligent information systems. The large amount of information may be difficult to understand in text format, whereas an information visualization can show meaningful data and the relations of the data in an effective way. An information visualization can compress information, reveal something previously invisible, inspire to explore the data and lead into new insights. When developing an useful information visualization it is important to know the value of the visualization and how to evaluate the quality of the visualization. The main focus of this study is to define and present comprehensive heuristics for the evaluation of the quality of information visualizations.

The thesis is divided into two parts. In the theory and literature study part, issues related to the value and quality of information visualizations are explored. In the applied part, previous search is used to compose the list of heuristic criteria. At the end of the thesis the heuristics are presented and the coverage of the list is evaluated using survey.

The study indicates that the area of quality of information visualization is overall too wide to understand and handle without some kind of guidelines. The criteria for evaluation of information visualizations are useful for understanding the value and meaning of information visualizations. This thesis has found 12 criteria and some development guidelines for each of them. Topics of the criteria are perception, support for understanding visualization, support for analyzing process and accessibility. The list is useful in both designing and evaluating of information visualizations.

## ALKUSANAT

Tutkimus on osa Campus Conexus II -projektia, jonka tavoitteena on tukea yliopistoja siirtymään yhteisöllisempään toimintakulttuuriin. Kirjoittaja on toiminut tutkimusapulaisena Tampereen teknillisen yliopiston IIS-laboratoriossa (Intelligent Information Systems), joka osaltaan vastaa hankkeen teknisistä ratkaisuista. Tiedon ja toiminnan siirtäessä yhä suuremmalta osin verkkoon osallistuvaa toimintakulttuuria voidaan tukea yhä enemmän älykkäillä informaatiojärjestelmillä. Kirjoittaja on kokenut tutkimuksen hyvin mielekkääksi ja merkittäväksi sen keskittyessä nykyaikaisiin teknisiin ratkaisuihin, joilla pyritään uudistamaan vanhanaikaisia käytäntöjä. Aiemmat käytännöt ovat usein joko osittain tai kokonaan sivuuttaneet nykyaikaisen tekniikan merkittäviä mahdollisuuksia.

Tutkimus on ollut todellista salapoliisityötä, jossa johtolangat ovat toisinaan olleet hankalasti löydettävissä, toisinaan taas ne ovat ilmestyneet eteen valtavana ja selvittämättömänä vyyhtinä. Haluan kiittää kaikkia työssä tukeneita osapuolia: perhettä, ystäviä ja IIS-laboratorion henkilöstöä. Perheen ja ystävien kiinnostus työn edistymisestä on ollut äärimmäisen tärkeää. Laboratoriohenkilöstöstä on ollut mittaamatonta apua aihealueen jäsentämisessä, käsittelyssä ja rajaamisessa. Työn tarkastajina ovat dosentti Ossi Nykänen ja tutkija Anne-Maritta Tervakari. Haluan kiittää Anne-Marittaa laadukkaasta työn ohjauksesta, samoin suuri kiitos kuuluu Ossille asiantuntevasta palautteesta. Se, että laboratorion henkilöstö on ollut aidosti innostunut ja motivoitunut tutkimaan visualisointien mahdollisuuksia, on ollut merkittävänä tutkimisen innoittajana. Keskustelut visualisointiin liittyvistä aihealueista ovat olleet erittäin rikkaita, näkökulmia avartavia ja ajatuksia herättäviä.

Tampereella 31.01.2014

Jukka Paukkeri

## SISÄLLYS

1	Johdanto.....	1
2	Työn taustaa.....	1
	2.1 Taustalla oleva tutkimus osana laajempaa tutkimus- ja kehitystyötä.....	1
	2.2 Informaation visualisointien laadukkuus tutkimisalana.....	2
	2.3 Käytetyt tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen rajaus.....	3
3	Visualisointi.....	5
	3.1 Tarkoitus.....	5
	3.2 Visualisointien luokittelu.....	7
4	Suunnittelu.....	11
	4.1 Havainnointi ja hahmolait.....	17
	4.2 Merkityksellistäminen.....	23
	4.3 Vuorovaikutus.....	27
	4.4 Suunnittelun yhteenveto.....	34
5	Arviointi.....	36
	5.1 Heuristinen arviointi.....	36
	5.2 Heuristisen arvioinnin kattavuus.....	38
6	Laadukkuuden tekijät.....	40
	6.1 Laadun arvioinnin näkökulmat.....	40
	6.1.1 Ymmärryksen kustannukset.....	41
	6.1.2 Tiedon rikastuminen.....	42
	6.1.3 Visualisoinnin osapuolet.....	43
	6.1.4 Tehtävälähtöisyys.....	43
	6.2 Osa-alueet.....	44
	6.2.1 Havainnointi.....	45
	6.2.2 Merkityksellistäminen.....	47
	6.2.3 Käytettävyys.....	49
	6.2.4 Saavutettavuus.....	52
	6.3 Laadukkuuden tekijöiden yhteenveto.....	53
7	Heuristiset laadukkuuskriteerit.....	55
	7.1 Havainnointi.....	55
	7.1.1 Visuaalisen vihjeen tehokkuuden ja kuvattavan asian merkityksellisyyden yhteys.....	55
	7.1.2 Värien merkitysten ja keskinäisten suhteiden huomioiminen.....	57
	7.1.3 Kognitiivisen kuormituksen vähentäminen.....	59
	7.2 Merkityksellistäminen.....	60
	7.2.1 Visualisoinnin sitominen ympäröivään maailmaan ja käyttäjän tukeminen itseohjautuvaan ajatteluun.....	60
	7.2.2 Sisäinen ja ulkoinen yhtenäisyys ja johdonmukaisuus.....	64

7.3	Käytettävyys.....	64
7.3.1	Informaation haun osatavoitteita tukeva vuorovaikutus.....	64
7.3.2	Tulkinnan todennettavuus.....	70
7.3.3	Informaation käsittelyn tehokkuus.....	71
7.3.4	Eritasoisten käyttäjien huomioiminen.....	72
7.4	Saavutettavuus.....	73
7.4.1	Saavutettavan teknologian käyttö.....	73
7.4.2	Esteetön tiedon esittäminen.....	74
7.4.3	Sosiaalinen ulottuvuus ja datan uudelleenkäyttö.....	74
8	Kriteerien kattavuuden testaus.....	76
8.1	Testausmenetelmä.....	76
8.2	Testauksen toteutus.....	77
8.3	Hypoteesit.....	77
8.4	Tulokset.....	77
9	Yhteenveto ja päätelmät.....	84
9.1	Kriteerit laadukkuuden määrittäjänä.....	84
9.2	Jatkotutkimus.....	86
	Lähteet.....	87
	Liite 1: Testauksessa opiskelijoille osoitetut kysymykset.....	97
	Liite 2: Testauksessa IIS-laboratorion henkilöstölle osoitetut kysymykset.....	99
	Liite 3: Heuristiset laadukkuuskriteerit testauksen jälkeen.....	101

## TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

<b>Elementti</b>	Datajoukon osaa visualisoinnissa kuvaava graafinen kokonaisuus tai visualisointijärjestelmän valitsin
<b>HCI</b>	Tietokoneen ja ihmisen välinen vuorovaikutus (engl. Human-Computer-Interaction)
<b>Heuristiikka</b>	Asiantuntija-arvioinnin kriteeristö
<b>Heuristinen arviointi</b>	Kriteereihin perustuva kokemusperäinen arviointi
<b>Kriteeri</b>	Arviointiperuste
<b>Visuaalinen piirre/vihje/hahmo</b>	Dataa kuvaavassa elementissä esitetty informaatioalkion ominaisuuden visuaalinen kuvaus
<b>Visualisointi</b>	Algoritmin avulla muodostettu luettava ja tunnistettava visuaalinen esitys tiedosta, joka ei alkuaan ole visuaalisessa muodossa (Kosara 2007)
<b>Visualisointijärjestelmä</b>	Visualisointikokonaisuus tai vuorovaikutteisuutta korostava nimitys visualisoinnista (ei virallinen määritelmä)

# 1 JOHDANTO

Visuaalisella esittämisellä on kautta aikojen tehostettu vaikeasti ymmärrettävien asioiden ja niiden välisten suhteiden ymmärtämistä sekä ohjattu havaitsijan ajatuksia haluttuun suuntaan. Tietokoneajalla visuaalinen viestintä on kuitenkin saanut aivan uusia ulottuvuuksia. Vasta tällöin on voitu esittää varsinaisia informaation visualisointeja, tietokonealgoritmeilla tuotettuja graafisia informaatiokuvauksia. Keskeinen informaation visualisoinnin etu on mahdollisuus vuorovaikutteisuuden visualisoinnin ja havaitsijan välillä. Vuorovaikutteisuudella voidaan tukea oivalluksia ja tiedon löytymistä.

Tässä työssä tutkitaan informaation visualisoinnin laadukkuuden tekijöitä. Tutkimuksen tavoitteena on koostaa kattava heuristiikka informaation visualisoinnin laadukkuuden arviointiin. Heurististen sääntöjen lisäksi esitetään kysymyksiä ja käytännöllisiä kehitysvihjeitä, jotka ovat hyödyllisiä arvioijalle, jolla ei ole aiempaa kokemusta laadukkuuden arvioinnista. Lopputulemana on siis heuristiikan ja käytännöllisiä suunnitteluratkaisuja tukevien kysymysten ja ohjenuorien yhdistelmä. Jotta lukija saisi mahdollisimman kattavan kokonaiskäsityksen laadukkaasta informaation visualisoinnista ja työtä voisi hyödyntää tehokkaasti myös visualisoinnin suunnittelussa, työssä käsitellään myös sellaisia asioita, joita ei voi suoraan sisällyttää heuristiseen arviointiin.

Työ jakautuu tutkimuksen taustan esittelyyn ja visualisoinnin tehtäväalueen kuvaamiseen sekä informaation visualisoinnin laadukkuuden tekijöiden määrittämiseen, heurististen sääntöjen valitsemiseen ja heuristiikan laadukkuuden testaukseen. Seuraavassa luvussa esitellään työn tarkoitusta sekä tutkimuksen rajausta ja etenemistä. Visualisointiluvussa käsitellään visualisointien luokitteluja, informaation visualisoinnin tarkoitusta, visualisoinnin suunnitteluprosessia, visuaalisen esittämisen ominaispiirteitä ja heuristisen arvioinnin mahdollisuuksia. Seuraavaksi selvitetään visualisoinnin laadukkuuden tekijöitä ja laaditaan informaation visualisoinnin laadukkuuden heuristiikka ja kriteereihin liittyvät kysymykset ja kehitysvihjeet. Lopuksi arvioidaan kootun heuristiikan kattavuutta ja ymmärrettävyyttä kyselytutkimuksella.



## 2 TYÖN TAUSTAA

Tiedon välittäjän on ymmärrettävä havainnoinnin ja asioiden merkityksellistämisen ominaispiirteitä ja vaiheita osatakseen välittää informaatiota siten, että se sisäistetään mahdollisimman tehokkaasti ja tulkitaan oikein. On ymmärrettävä, millä tavalla tietoa kannattaa milloinkin välittää.

Teknisillä ratkaisuilla voidaan usein tehostaa vaikeaselkoisen tiedon välitystä. Informaation visualisointi on tapa esittää tietoa ymmärrettävästi ja tehokkaasti. Informaation visualisoimisessa voidaan kuitenkin helposti myös epäonnistua. Koska ymmärrystä vaaditaan usealta eri aihealueelta, tässä työssä kootaan keskeiset laadukkuustekijät kattava heuristiikka tukemaan informaation visualisoinnin laadukkuuden arviointia. Heuristiikka laajennetaan arviointia ohjaavilla kysymyksillä.

### 2.1 Taustalla oleva tutkimus osana laajempaa tutkimus- ja kehitystyötä

Tämä tutkimus on syntynyt tarpeesta selvittää laadukkaan informaation visualisoinnin tekijöitä. Tutkimus on osa Campus Conexus II -projektia, jonka tavoitteena on ”tukea yliopistoja juurruttamaan opiskelijoiden ja opettajien osallisuutta tukevaa toimintakulttuuria, soveltaa aiempien projektien tuloksia yliopistojen pysyviin toimintoihin sekä kehittää niitä edelleen tutkimuksellisella otteella” (Campus Conexus). Hankkeeseen osallistuu toimijoita Tampereen yliopistoista, Aalto-yliopistosta ja Suomen ylioppilaskuntien liitosta.

Tampereen teknillisessä yliopistossa on kehitetty sosiaalinen verkko-oppimisympäristö TTY-Piiri, johon opettajat voivat halutessaan siirtää opetustaan. Hankkeessa toteutettavilla informaation visualisoinneilla pyritään esittämään oppimisympäristön käyttäjistä ja heidän toiminnastaan kerättyä tietoa (lokietoa) mahdollisimman ymmärrettävästi ja tehokkaasti. Tarkoituksena on tukea sisältöhakua ja vertaisoppimista sekä johdattaa käyttäjä oivalluksiin ja löytämään jotakin ennen näkymätöntä. Visualisoinnit ovat hyödyllisiä sekä opettajalle että opiskelijoille. Sosiaalisen verkko-oppimisympäristön lokietoa esittävistä visualisoinneista opettaja voi havaita poikkeamia ja säännönmukaisuuksia opiskelijoiden oppimisessa ja kehitystarpeita opetuksessaan. Havaittuaan ongelmia opettaja pystyy puuttumaan opiskelussa ilmeneviin vaikeuksiin ja suunnittelemaan opetustaan paremmaksi. Opiskelijat voivat seurata, suunnitella ja kehittää omaa oppimistaan sekä verrata itseään toisiinsa.

TTY-Piirin visualisointeja voidaan arvioida tutkimuksen tuloksena syntyvillä laadukkuuden heuristisilla säännöillä. Niihin liittyvät kysymykset ja kehitysvihjeet opastavat kehittämään jo toteutettuja visualisointeja laadukkaammiksi. Säännöt ovat hyödyllisiä myös tarkistuslistan tavoin käytettyinä uusien visualisointien suunnittelussa ja opetus-

käyttöön tarkoitettujen visualisointien lisäksi myös muissa yhteyksissä. Informaation visualisoinnin laadukkuuden heuristiset säännöt kysymyksineen, tarkennuksineen ja kehitysvihjeineen lisätään omana kokonaisuutenaan Tampereen teknillisessä yliopistossa toteutettuun WesQu -arviointityökaluun, joka on tarkoitettu helpottamaan verkkomateriaalin arviointia. Samaan aikaan työkalu toteutetaan kokonaan uusiksi ja sen sisältö käännetään myös englannin kielelle. WesQun aiemmilla verkkopalvelun laadukkuuden kriteereillä voidaan arvioida informaation visualisointia yhtenä verkkopalvelun mediaelementtinä ja kootulla kriteeristöllä visualisointia itsenäisenä kokonaisuutena sen erityispiirteitä korostaen. Koska informaation visualisoinnin laadukkuuden arvioinnin osa-alue on itsenäinen kokonaisuus, visualisoinnin ei välttämättä edes tarvitse olla osana verkkopalvelua.

## 2.2 Informaation visualisointien laadukkuus tutkimisalana

Informaation visualisoinnin ja sen laadukkuuden tutkimus on suhteellisen nuori (vrt. Rhyne et al. 2003, s. 611), mutta aihetta käsittelevää tai sitä sivuavaa tutkimusta on saatavilla jo kohtuullisen paljon. Jo viime vuosituhannen lopulla Gershon et al. (1998, s. 9) ovat todenneet, että informaatioyhteiskunta ja visualisointien kehitys ja tutkimus ovat selvästi jo perustavanlaatuisesti muuttaneet tapaamme esittää ja ymmärtää suuria ja mutkikkaita datajoukkoja.

Forsell ja Johansson (2010) samoin kuin Zuk et al. (2006) ovat koonneet informaation visualisoinnin laadukkuuden arvioinnin heuristiikan. Bresciani ja Eppler (2009) ovat löytäneet visualisoinnin riskejä sosiaaliselta, kognitiiviselta ja tunteen alueelta ja sekä suunnittelijan että käyttäjän näkökulmasta. Zuk ja Carpendale (2006) ovat esittäneet heuristiikan visualisoinnin arviointiin havainnoinnin ja kognitiivisten toimintojen näkökulmasta. Amar ja Stasko (2004) ovat tutkineet analyttisten toimintojen laadukkuutta informaation visualisoinnissa. Ware (2004) on kirjoittanut informaation visualisoinneista vaikuttavan kirjan, jossa hän kuvailee useiden tutkijoiden teorioita ja tutkimuksia. Kirjalla on vahva psykologisen ja kognitiivisen tutkimuksen perusta.

Monet visuaalisen käyttöliittymän laadukkuuden arvioinnin tutkimukset eri näkökulmista, kuten käytettävyyden ja vuorovaikutteisuuden (esim. Angeli et al. 2006; Hornbæk & Frøkjær 2002; Gray & Salzman 1998) ja esteettisyyden (esim. Tractinsky et al. 2000; Tuch et al. 2012), ovat hyödyllisiä laadukkaan informaation visualisoinnin tekijöiden määrittämisessä. Käytettävyyden heuristiikat sopivat soveltuvin osin myös informaation visualisoinnin laadukkuuden arviointiin. Keinonen (1998) on vertaillut asiantuntijoiden tekemiä heuristiikkoja ja käytettävyyden ohjeistuslistoja ja määritellyt niiden perusteella seitsemän käytettävyyden osatekijää: johdonmukaisuuden, hallittavuuden, sopivan esitystavan, virheiden siedon, muistettavien asioiden määrän, tehtävään sopivuuden ja opastuksen.

Gershon et al. (1998, s. 14) ovat arvioineet viime vuosikymmenen lopulla, että vielä tarvitaan merkittävästi enemmän tutkimusta ihmisen ja informaation vuorovaikutuksesta, kuinka informaatiota havaitaan visuaalisesti ja ei-visuaalisesti, kuinka mieli toimii etsittäessä tunnettua ja tuntematonta informaatiota ja kuinka mieli ratkaisee ongelmia. Uudella vuosikymmenellä informaation visualisoinnin aihepiiristä on saatu merkittäviä tutkimustuloksia, mutta Gershonin tutkimusryhmän esittämät tutkimustarpeet ovat yhä ajankohtaisia. Tekniikan kehitys ja muutokset tavassamme käsitellä informaatiota tuo jatkuvasti uusia tarpeita ja mahdollisuuksia. Lisäksi aiemmista informaation visualisoinnin laadukkuuden tutkimuksista puuttuu kokonaisvaltainen kuva aiheesta ja selkeä yhteys varsinaisiin suunnitteluratkaisuihin. Informaation visualisoinnin arvioijaa ja suunnittelijaa kiinnostaa sääntökokoelman lisäksi käytännönläheiset suunnittelu- ja toteutusvihjeet, joita on löydettävissä erityisesti aihetta sivuavasta kirjallisuudesta.

### 2.3 Käytetyt tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen rajaus

Tutkimuksessa käytetään kvalitatiivista eli laadullista tutkimusmenetelmää. Kyseessä on integroiva toteutustapa kuvailevasta kirjallisuuskatsauksesta. Salminen (2011, s. 6–9) luonnehtii kuvailevan kirjallisuuskatsauksen olevan jonkin ilmiön yleiskuvaus ilman tiukkoja sääntöjä, jonka integroivassa toteutustavassa aineistoa kerätään laajasti tarkasti seulomatta. Integroivaa kirjallisuuskatsausta käytetään tutkittaessa ilmiötä mahdollisimman monipuolisesti, arvioitaessa tutkittua aihetta kriittisesti ja tuotettaessa uutta tietoa. (Salminen 2011, s. 6–9.)

Työssä tutustutaan informaation visualisoinnin ja sitä sivuaviin tutkimuksiin sekä aihetta käsittelevään muuhun kirjallisuuteen. Tavoitteena on löytää informaation visualisoinnin laadukkuuden tekijöitä analysoimalla monipuolista lähdeaineistoa. Aineiston tutkimisessa käytetään teemoittelua, jolla aihealueeseen liittyvät asiat ryhmitellään. Teemoja tarkennetaan toistuvasti aineistoa läpikäydessä. Lopuksi teemoittelun perusteella muodostetaan ylä- ja alatasen luokittelu kysymyksille, tarkennuksille ja kehitysvihjeille. Alemman tason luokittelu kuvastaa heuristiikan laadukkuuskriteerejä, ylemmän tason luokittelu kriteereissä korostuvia aihealueita.

Jotta kysymykset ja kehitysvihjeet tukisivat varsinaista suunnittelua ja teknistä toteutusta, aineisto rakentuu tutkimusartikkelien lisäksi käytännönläheisestä kirjallisuudesta. Tutkimus rajataan käyttäjän kokemaan laadukkuuteen, dataohjautuviin visualisointeihin, informaation visualisoinnin muista visualisoinneista ja visuaalisista käyttöliittymistä erottaviin ja visualisoinneissa korostuviin piirteisiin sekä heuristisena asiantuntija-arviona arvioitavaan osaan visualisoinnista. Kerättävää aineistoa ei kuitenkaan rajata näin tiukasti, jotta tärkeää tietoa ei jäisi huomioimatta. Ratkaisuun on päädytty myös siksi, että aiheeseen liittyy olennaisesti myös yleiset graafisten käyttöliittymien laadukkuustekijät. Suunnittelijan näkökulmaa, suunnitteluprosessia ja yleisiä visuaalisia käyttöliitty-

miä käsitellään silloin, kun ne olennaisesti liittyvät käyttäjän kokemaan informaation visualisoinnin laadukkuuteen.

Laadukkuuden arvioinnissa on usein kysymys juuri loppukäyttäjän laadun kokemisesta, mikä on myös tämän tutkimuksen näkökulmana. Visualisointien laadukkuustekijöissä ei siis pyritä tarkasti huomioimaan erityyppisten visualisointien tuottamisen kustannuksia, menetelmien herkkyyttä datan vaihtelulle, mahdollisuuksia erilaisten valmiiden teknologioiden tai komponenttien käyttöön eikä yleisen ohjeistuksen lisäksi tarvetta kouluttaa tai opastaa käyttäjiä.

Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen menetelmällä aiemman tutkimuksen pohjalta koottu heuristiikka arvioidaan kyselytutkimuksella. Lomakekysely on merkittävä osa tutkimusta, koska kyselyllä voidaan selvittää tutkimustulosten ymmärrettävyyttä ja kattavuutta. Tämän tutkimuksen ensisijaisena tavoitteena on muodostaa ja esitellä ensimmäinen versio visualisointien laadukkuuden arviointikriteeristöä, joten vielä tarvitaan jatkotutkimusta kriteeristön soveltuvuudesta varsinaiseen arviointityöhön.

## 3 VISUALISOINTI

Tieto jaetaan usein DIKW-hierarkiaan (data, information, knowledge, wisdom) eli dataan, informaatioon, tietämykseen ja ymmärrykseen. Tieto on sitä jalostuneempaa, mitä korkeammalla se tässä hierarkiassa on. Data on käsittelemätöntä ja symboleilla kuvattua, informaatio asiayhteyteen sidottua, tietämys tulkitsijan merkityksellistämää ja ymmärrys yhdistettyä ja johtopäätöksiin rikastettua tietoa (Rowley 2007, s. 166–167).

Visualisointi (engl. visualization) on terminä monitulkintainen, koska sillä voidaan viitata sekä tekniseen prosessiin että prosessin tuotokseen (van Wijk 2005, 79). Myös suomen kielessä käsitteistö on yhtä haasteellinen. Tässä työssä visualisoinnilla tarkoitetaan prosessin lopputulosta eli graafista esitystä ja prosessiin viitattaessa puhutaan visualisoimisesta tai visualisointiprosessista. Robert Kosara (2007) määrittelee kaiken visualisoimisen prosessiksi, jossa ei-visuaalisesta datasta tuotetaan yksi tai useampi kuva, jonka ensisijaisena tarkoituksena on keskustella datan kanssa. Steele ja Iliinsky (2004, s. 7) korostavat algoritmin käyttöä prosessissa, mikä sitoo visualisoinnin tietokoneella ohjelmallisesti tuotettuun graafiseen esitykseen. Näissä määritelmissä kuvataan datan tasoisen tiedon visualisoimista, mutta visualisoinneissa kuvataan yleensä myös lähtötasoltaan erilaista tietoa. Visualisointi eroaa painetusta graafisesta esityksestä mahdollistamalla animaation, vuorovaikutteisuuden ja multimodaalisuuden (vrt. Burmester et al. 2010, s. 361).

### 3.1 Tarkoitus

Visualisointi syntyy suunnittelija tarpeesta esittää käyttäjälle tärkeitä datan ominaisuuksia ja niiden välisiä yhteyksiä (Carr 1999, 1). Visualisoijan tavoitteena voi olla tiedon jakaminen tai käyttäjän ajattelun laajentaminen ja ohjaaminen (vrt. van Wijk 2005; Ware 2004). Van Wijk (2005) on kehittänyt tiedon kustannusten ja hyötyjen mallin, jolla hän pyrkii tunnistamaan tiedon jakoon liittyviä näkökulmia, kaavoja ja trendejä. Warella (2004) lähtökohtana on käyttäjän ohjaaminen oivaltamiseen. Van Wijkin näkemyksessä korostuu data- ja tekniikkälähtöisyys, Waren näkemyksessä käyttäjä- ja ihmislähtöisyys (vrt. van Wijk 2005; Ware 2004).

Informaation visualisoinnin perimmäisenä tarkoituksena on siirtää mahdollisimman suuri osa informaation käsittelyn tehtävistä jäykältä ajatteluprosessilta visuaalisen havainnointijärjestelmän tiedottomasti toimiville osa-alueille. Visualisointi hyödyntää tehokkaasti ihmisen hahmoja tunnistavaa näköjärjestelmää ja visuaalisesti tunnistavaa muistiin palauttamista (Hullman et al. 2011; Heer, J. et al. 2010, s. 59; Burkhard 2004; Sinkkonen et al. 2006 s. 190–191). Informaation visualisoinnissa abstrakti data, eli data ilman luontaista avaruudellista kuvausta (Voigt 2002), kuvataan käyttäjälle graafisena esityksenä siten, että käyttäjä pystyy visuaalisella havainnointijärjestelmällään tutki-

maan ja analysoimaan esitettyä dataa (Carr 1999, s. 1; Gershon et al. 1998). Monimutkaiset asiat voivat olla havaittavissa kertasilmäyksellä. Jalostamalla tieto havainnollisemmaksi, rikkaammaksi ja näkyvämmäksi voidaan saavuttaa laajempia käyttäjajoukkoja tutkimaan informaatiota (Heer et al. 2010, s. 59). Visuaalisen esityksen vahvuutta ja yleispätevyyttä todistaa kiistattomasti se, että jo paljon ennen kuin lapsi ymmärtää puhekieltä, hänellä on kyky verrata kohteita niiden visuaalisten vihjeiden perusteella (Cooper et al. 2007, s. 290).

Visualisointi rakentaa siltaa informaation ja ihmismielen välille tarjoamalla ajattelua tukevia ja laajentavia tapoja datan ymmärtämiseen ja oivaltamiseen (Forsell et al. 2010, s. 200; Heer & Shneiderman 2012, s. 45). Onnistunut visualisointi korvaa raskaan ajatteluprosessin yksinkertaisella ja luonnollisella havainnointikäyttöliittymällä tehostaen oivalluskykyä, muistia ja päättelyä (Heer, J. et al. 2010, s. 59; Hullman et al. 2011). Ihmisen visuaalisen havaintojärjestelmän ”kaistanleveys” siirtää suuria informaatiomääriä nopeasti aivoihin laajenee huomattavasti hyödynnettäessä aivojen kykyä tunnistaa muodot, suhteet ja merkitykset (Steele & Iliinsky 2011). Visualisointi käyttää tehokkaasti ihmisen kykyä silmäillä, tunnistaa ja palauttaa mieleen visuaalisia asioita sekä tunnistaa muutoksia koossa, värissä, muodossa ja liikkeessä (Shneiderman 1996, s. 337). Muistiin palauttaminen visuaalisesti on luonnollista ja sen on arvioitu olevan sanallista muistiin palauttamista tehokkaampaa (Burkhard 2004).

Visualisointijärjestelmän, vuorovaikutteisen visualisoinnin, tavoitteena on tarjota helposti lähestyttävä ja ymmärrettävä rajapinta tiedon tutkimiseen. Yhtenä keinona on estää informaation ylivuotoa (Carr 1999). Jos samalla kertaa esitetty informaatiomäärä kasvaa liian suureksi, ihminen ei saa kokonaiskuvaa asiasta ja muisti ylikuormittuu käyttäjän joutuessa säilömään muistissaan liikaa toisiinsa vaikuttavaa teksti- ja numeromuotoista tietoa. Ihmisen työmuisti on rajoittunut  $7 \pm 2$  asiaan (Miller 1956). Visuaalinen työmuisti on erillään sanallisesta työmuistista (Ware 2004, s. 352). Berg (2012) esittää, että muistin ja tiedonkäsittelyn siirtäminen visualisoinnin alueelle vähentää ihmisen kognitiivista kuormitusta. Kognitio on tietämystä tuottava mentaalinen toiminto tai prosessi, johon liittyy havainnointi, intuitio ja merkityksellistäminen (Collinsdictionary). Intuutiolla taas viitataan tiedostamattomaan ymmärtämiseen.

Informaation visualisoinnilla usein pyritään vastaamaan aineistosta nouseviin kysymyksiin paremmin kuin pelkällä teksti- ja numeromuotoisella esityksellä (Koponen 2012). Visualisoinnista voidaan tunnistaa trendejä, poikkeamia ja etsiä mielenkiintoista tai tiettyä dataa suuresta datajoukosta (esim. Steele & Iliinsky 2011; Gershon et al. 1998). Datajoukon poikkeamat esiintyvät usein selkeästi, ja visualisointi voi paljastaa sellaista informaatiota, joka ei muuten olisi havaittavissa (Ware 2004, s. 3). Visualisointi voi myös kumota tai vahvistaa asetettuja hypoteeseja (Ware 2004, s. 4).

Suuri osa tietokoneen käsittelemästä datasta on sellaisenaan epäolennaista käyttäjälle (Tory & Möller 2004). Visualisoimalla pyritään esittämään datan merkityksellisimmät

asiat selkeästi, miellyttävästi ja tehokkaasti. Visualisointi innostaa uusiin kysymyksiin ja jatkotutkimuksiin sekä auttaa tunnistamaan alaongelmat (Steele & Iliinsky 2011).

Informaation visualisoiminen ei välttämättä aina kuitenkaan tuo ratkaisua suuren tietomäärän esittämisen haasteisiin. Sillä jos käyttäjän tavoitteita ei ymmärretä, suuren datajoukon summittainen, sinänsä laadukaskin visualisoiminen on harvoin hyödyllistä. Visuaalisen informaation haasteisiin liittyy myös yleisesti selkeä tiedon esittäminen. Kuvien heikkoutena on visuaalisen informaation vaikeaselkoinen yhteys muistiin, kokemuksiin, uskomuksiin ja kulttuureihin sekä värien tehokkaan käytön vaikeus. Visualisoinnin on ymmärrettävä kuvien ja sanojen eroavaisuus informaation esittämisessä, milloin kuvat ovat sanoja tehokkaampia ja milloin eivät ole. (Vrt. Carr 1999; Gershon et al. 1998.)

### 3.2 Visualisointien luokittelu

Visualisointeja on luokiteltu muun muassa niissä esiintyvien tiedon tasojen, tiedon luonteen ja visualisoinnin tarkoituksen perusteella. Käytetty luokitus riippuu asiayhteydestä ja tarkkuuden merkityksestä (vrt. Rhyne et al. 2003). Informaation visualisoinnin laadukkuuden heuristisia sääntöjä määritettäessä erilaiset luokittelut ovat hyödyllisiä osoittamaan visualisointien eri ominaispiirteitä.

Visualisoinnit jaetaan usein tieteellisiin ja informaation visualisointeihin. Ensimmäiset tieteelliset visualisoinnit ilmestyivät 1980-luvun lopulla, informaation visualisoinnit yleistyivät 1990-luvun puolivälissä (Rhyne et al. 2003, s. 611). Tieteellinen visualisointi on tieteellisen datan kuvaus, jossa on mukana myös datan luontainen fyysinen rakenne (Kellerher & Wagener 2011; Tory & Möller 2004; Voigt 2002; Card et al. 1999). Datan fyysisellä rakenteella viitataan mittauslaitteistolla automaattisesti ja käsittelemättömästi kerättyyn dataan. Informaation visualisointi on ajattelukykyä laajentava, abstraktia dataa kuvaava vuorovaikutteinen visuaalinen esitys (Card et al. 1999), joka perustuu (Ziemkiewicz & Kosara 2009, s. 310) datalähtöisyyteen (engl. data-driven) ja merkkikieleen (engl. notational symbols). Siinä jokaista informaatioalkiota vastaa yksi visuaalinen elementti ja toisin päin (bijective mapping) sekä käyttäjällä on vapaus vaikuttaa esitykseen (nontrivial interactivity) (Ziemkiewicz & Kosara 2009, s. 310–313). Tieteellisestä visualisoinnista poiketen informaation visualisointi suunnataan yleensä monipuoliselle ja tekniikkaa vähemmän ymmärtävälle yleisölle (Gershon et al. 1998, s. 14). Tieteellinen visualisointi kuvastaa korostuneesti tiedon jakamisen ja oivallusten tuottamisen tarkoitusta kehitettäessä monipuolisia työkaluja tiedon tutkimiseen, informaation visualisointi käyttäjän ajattelun laajentamista ja ohjaamista (vrt. van Wijk 2005; Ware 2004).

Jako tieteellisiin ja informaation visualisointeihin on toisinaan epämääräinen ja hämmentävä (Rhyne et al. 2003; Tory & Möller 2004). Ongelmaksi Tory ja Möller (2004, s. 72) näkevät, että esimerkiksi funktio  $f(x)=x^3$  luokitellaan tieteelliseksi visualisoinniksi,

vaikka se ei sisällä datan fyysistä rakennetta. Pätevämmäksi luokitteluksi tutkijat ehdottavat visualisointien jakoa jatkuvan (engl. continuous) ja epäjatkuvan (engl. discrete) mallin visualisointeihin. Epäjatkuvan mallin visualisoinnit ovat tuotettu algoritmeilla, jotka käyttävät ja esittävät epäjatkovaa dataa, ja jatkuvan mallin algoritmeilla, jotka käsittelevät saamaansa dataa jatkuvana, oli se jatkuvaa tai ei (Tory & Möller 2004).

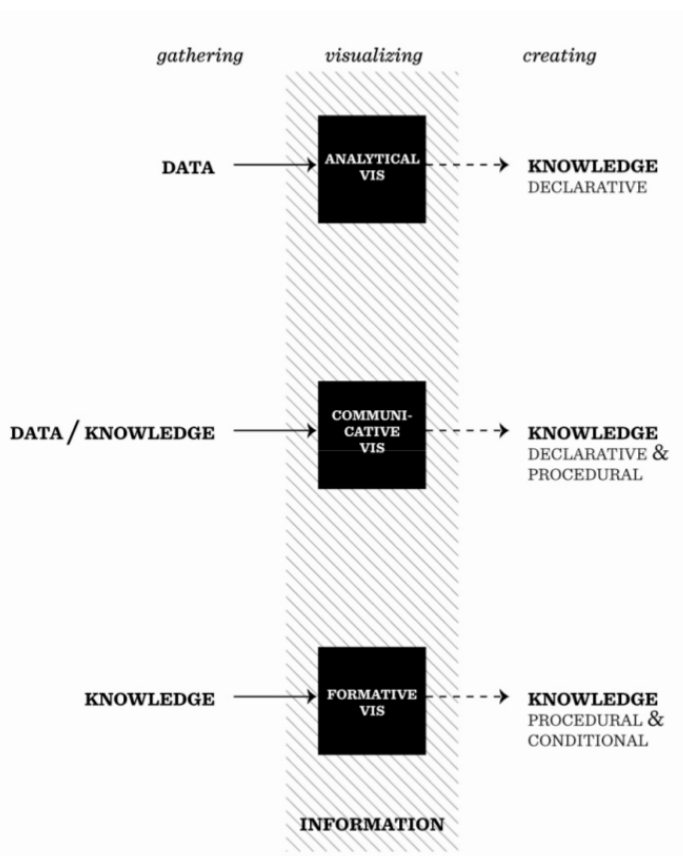
Steele ja Iliinsky (2011, s. 7) esittävät datan ja informaation visualisointien kuvaavan kaikenlaisia dataesityksiä, jotka ovat algoritmisesti piirrettyjä, eri datalla helposti toteutettavissa uudelleen, esteettisesti karsittuja ja suhteellisen paljon dataa sisältäviä verrattuna infografiikkaan. Toisin kuin visualisoinnit, infografiikka ei perustu algoritmeihin vaan on esimerkiksi kuvankäsittelyohjelmalla piirrettyä, usein hyvin koristeellista datan graafista kuvaamista (Steele & Iliinsky 2011, s. 6). Infografiikka mahdollistaa datan ja sen syyperäisten suhteiden kuvaamiseen ymmärrettävästi viehättävänä, tarinankerronnallisena grafiikkana (Burmester et al. 2010, s. 361). Infografiikalla ei kertaluontoisuutensa vuoksi voi kuvata verkossa käyttäjäkohtaisia esityksiä kuten visualisoinnilla. Masud et al. (vrt. 2010, s. 447) kuvaavat infografiikkaa esteettisesti lähenevää visualisointia esteettiseksi informaation visualisoinniksi, joka ei ainoastaan jaa dataa ja visualisoi sitä, vaan visualisoinnissa on myös tarinankerrontaa ja lisättyä koristeellisuutta.

Visualisointien jakamista tieteellisiin ja informaation visualisointeihin tarkempi luokittelu saadaan tiedon tasojen perusteella. Nimitystä datan visualisointi käytetään usein kuvaamaan kaikenlaisia staattisia tai dynaamisia graafisia esityksiä, joiden tarkoituksena on tarjota visuaalisia oivalluksia datajoukosta (Masud et al. 2010, s. 447). Friendly (2009) tarkentaa datan visualisoinniksi jonkin mallin mukaan käsitteellistetyn datan, joka sisältää kuvauksen datan yksiköistä. Jalostuneimman tiedon tason, tietämyksen, visualisoinnin ensisijaisena tarkoituksena on jakaa tietämystä henkilöiden tai ryhmien välillä (Burkhard 2004). Datan visualisointi keskittyy korostetuimmin oivallusten tuottamiseen, ylempien tiedon tasojen visualisoinnit ajattelun ohjaamiseen ja laajentamiseen (vrt. Burkhard 2004; Ware 2004; van Wijk 2005).

Myös Masudin tutkimusryhmän (2010) luokittelussa on esillä tiedon tasot. He kuvaavat visualisointia tiedon rikastumisen prosessina, jossa syntyy yhtä tai useampaa kolmesta tietämyksen tyypistä riippuen visualisoinnin tarkoituksesta ja tiedon lähtötasosta (kuva 1). Tutkijat ovat luokitelleet visualisoinnit prosessiin syötetyn ja sillä rikastetun tiedon perusteella. Visualisoinnin prosessin lopputulemana on käyttäjän prosessoima ja sisäistämä tieto. Visualisoinnit voidaan siten jakaa analyttisiin (engl. analytic), keskusteleviin (engl. communicative) ja formatiivisiin (engl. formative) visualisointeihin (Masud et al. 2010, s. 448). Analyttiset visualisoinnit ovat yleensä tuotettu luotettaviksi, ammattilaisten päätöksenteon tueksi. Keskustelevan visualisoinnin tarkoituksena on tarinankerronta tai datan suhteiden merkityksistä keskusteleminen, ei olettamusten tai analyysien tekeminen. Data–muste-suhteen (kts. Tufte 2001) näkökulmasta keskustelevat visualisoinnit eivät yleensä ole kovin tehokkaita. Analyttinen visualisointi on usein



osoitettu rajatulle, keskusteleva visualisointi laajalle käyttäjäjoukolle. Formatiiviset visualisoinnit ovat hyvin riippuvaisia asiayhteydestä. Niissä käytetään paljon keskustelevien visualisointien tekniikoita, vaikka niillä on erilainen kohde ja asiayhteys. Formatiivisia visualisointeja käytetään tietämyksen jakamiseen yhteistyöryhmien välillä ja ne eroavat kahdesta muusta tyypistä siten, että niissä on merkittävää visualisoijan ja kohdejoukon yhteinen käsitelmä sekä visualisoinnin esitystavan vahva riippuvuus asiayhteydestä. Tutkimusryhmän mielestä esitetty jaottelu on hyödyllinen visualisoinnin vaatimusten määrittelyssä, päätösten eri vaiheiden tunnistamisessa sekä eri osapuolten tarpeellisuuden ymmärtämisestä suhteessa asiayhteyden, kohteen ja tavoitteiden eri yhdistelmiin. (Masud et al. 2010, s. 448–449.) Analyttisissä visualisoinneissa korostuu suunnittelijan tiedon jakamisen tavoite. Kahdessa muussa tutkimusryhmän esittämässä visualisointityypissä laajennetaan ja ohjataan käyttäjän ajattelua. Voidaan ajatella, että analyttisessä visualisoinnissa suunnittelija vaikuttaa vähiten käyttäjän ajatteluun ja keskustelevassa visualisoinnissa eniten. Formatiivisessa visualisoinnissa kohdekäyttäjärühmän oletetaan olevan jo ennestään selvillä visualisoinnin asiayhteydestä. (vrt. Masud et al. 2010, s. 448–449; Ware 2004; van Wijk 2005.)



*Kuva 1: Visualisointi DIK-jatkumona (data-information-knowledge). (Masud et al. 2010, s. 448.)*

Masud et al. (2010) esittävät kolme tietämyksen tyyppiä: selittävä (engl. declarative), prosessuaalinen (engl. procedural) ja ehdollinen (engl. conditional). Selittävä tietämys kertoo käyttäjälle jotakin, johtaa käyttäjää oletuksiin ja ohjaa käyttäjää ymmärtämään asiayhteyden. Prosessuaalista tietämystä esiintyy infografiikassa ja esteettisessä informaation visualisoinnissa, joissa grafiikalla kerrotaan tarina ja ”keskustellaan” informaation kanssa. Prosessuaalinen tietämys on kasattu vaiheittain ja vuorovaikutussuhteessa. Visualisoinnit, jotka tuottavat prosessuaalista tietämystä, sisältävät myös selittävää tietämystä niiden välittäessä ymmärrystä. Tietämystä visualisoitaessa syntyy ehdollista tietämystä, kun tietämystä jaetaan vuorovaikutteisesti ja prosessuaalisesti ja välitetään tietoa siitä, milloin ja miksi havainnoitsijan pitäisi käyttää tietämystään. Ehdollinen tietämys on asiayhteyden vahvasti sidottua tietämystä ja se vaatii, että käyttäjällä on aiempaa tietämystä oikeasta asiayhteydestä. (vrt. Masud et al. 2010.)

Kosara (2007) jakaa visualisoinnit käytännöllisiin (engl. pragmatic) ja esteettisiin (engl. artistic) visualisointeihin. Käytännöllisen visualisoinnin tavoitteena on tutkia, analysoida tai esittää dataa siten, että käyttäjä saa kokonaisvaltaisen kuvan sen merkityksestä. Esteettisen visualisoinnin tarkoituksena on enemmän keskustelu kuin datan tarkka esittäminen. Mahdollisimman luettavan dataesityksen sijaan esteettisessä visualisoinnissa data muunnetaan joksikin näkyväksi ja mielenkiintoiseksi. (Kosara 2007.) Käytännöllisen visualisoinnin suunnittelija pyrkii ensisijaisesti oivallusten tuottaminen datajoukosta, sen sijaan esteettisen visualisoinnin suunnittelijan tavoitteena on käyttäjän ajattelun ohjaaminen ja laajentaminen (vrt. Kosara 2007; Ware 2004; van Wijk 2005).

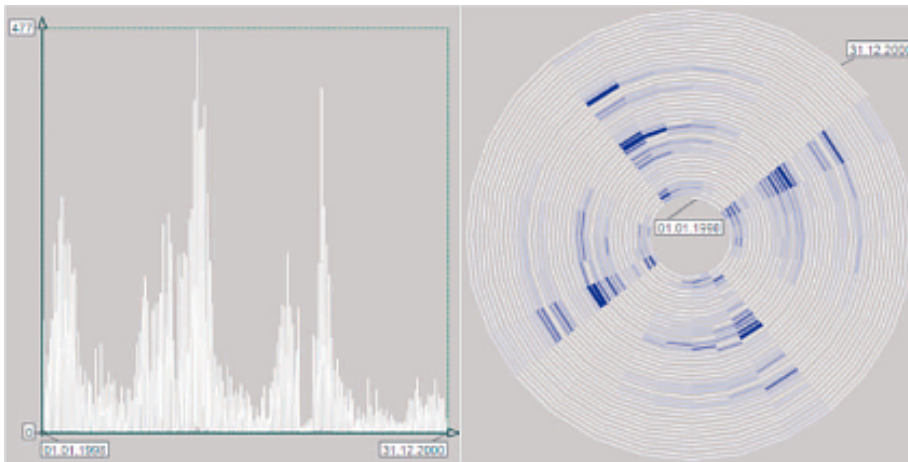
Alla on esitetty kooste visualisointien eri luokittelujen suhteesta suunnittelijan tavoitteisiin (kts. Taulukko 1). Jako ei ole yksiselitteinen vaan lähinnä suuntaa antava ja keskustelua herättävä. Riveillä on visualisointien eri luokitteluja ja sarakkeilla suunnittelijalla korostuvia tavoitteita.

Luokittelu / korostuva tavoite	Data- ja tekniikkälähtöisyys, tiedon jakaminen (vrt. van Wijk 2005)	Käyttäjälähtöisyys, ajattelun ohjaaminen ja laajentaminen (vrt. Ware 2004)
Tieteelliset ja informaation visualisoinnit	Tieteelliset visualisoinnit	Informaation visualisoinnit
Jatkuvat ja epäjatkuvat visualisoinnit (vrt. Tory & Möller 2004)	Jatkuvat visualisoinnit	Epäjatkuvat visualisoinnit
Tiedon tasot (vrt. Burkhard 2011, Masud et al. 2010, Friendly 2009)	Datan visualisointi	Muiden tiedon tasojen visualisointi
Tiedon rikastaminen (vrt. Masud et al. 2010, s. 448-449)	Analyttiset visualisoinnit	Keskustelevat ja formatiiviset visualisoinnit
Tietämyksen tyypit (vrt. Masud et al. 2010)	Selittävä tietämys	Prosessuaalinen ja ehdollinen tietämys
Käytännölliset ja esteettiset visualisoinnit (vrt. Kosara 2007)	Käytännölliset visualisoinnit	Esteettiset visualisoinnit

*Taulukko 1: Visualisointien luokittelujen suhde suunnittelijan tavoitteisiin. Riveillä on visualisointien eri luokitteluja, sarakkeilla suunnittelussa korostuvia tavoitteita.*

## 4 SUUNNITTELU

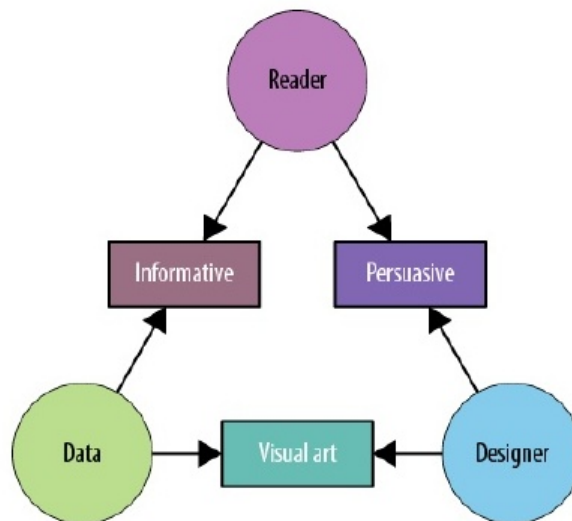
Informaation visualisoinnin suunnittelu on toisinaan haasteellista ja ongelmallista jo pelkästään siksi, että usein ei tarkalleen tiedetä mitä informaatiota visualisoitava data voi sisältää, mitä ja miten dataa siis tulisi visualisoida (vrt. van Wijk 2005, s. 81; Steele & Iliinsky 2001, s. 7). Suuren datajoukon merkitystä on vaikea arvioida ennalta, siksi usein on hyödyllistä kokeilla erilaisia menetelmiä ja yrittää löytää jotakin ennen näkymätöntä. Vasta datajoukkoa visualisoitua nähdään ja oivalletaan merkittäviä asioita (vrt. Steele & Iliinsky 2001, s. 7). Visualisoinnin suunnittelun tavoitteena on löytää datajoukkoon sopiva tehokas ja lumoava visualisointi (Heer et al. 2010). Informaation visualisoinnin prosessi yhdistää tieteellisen visualisoinnin näkökulman, datan louhinnan, kuvittamisen (engl. imaging) sekä käyttöliittymän ja grafiikan suunnittelun (Gershon et al. 1998, s. 10). Vaikka useita teorioita ja ohjeita on laadittu tukemaan visualisoinnin suunnittelua, sääntöjä voi olla hankala soveltaa tapauskohtaisiin tilanteisiin (kts. Kuva 2) (Zug & Sheelagh 2006).



*Kuva 2: Visualisointimenetelmän ja esitysparametrien valinnan haasteellisuus: Datajoukon säännönmukaisuus paljastuu vasta kuvattaessa data sopivilla esitysparametreilla napakoordinaatistossa. (Aigner et al. 2008, s. 49.)*

Steele ja Iliinsky (2001, s. 21–22) kehottavat visualisoinnin suunnittelijaa vastaamaan kysymykseen ”Mitä informaatiotarvetta pyrin visualisoinnilla tyydyttämään?”. Jatkokysymyksiksi he neuvovat asettamaan: ”Mitkä arvot tai datan ominaisuudet ovat oleellisia asiayhteydessä?”, ”Mitkä ovat näiden merkitsevyyden suhteet?”, ”Mitä suhteita on tärkeä esittää?”, ”Mitkä asiat ovat kiinnostavampia kuin toiset?” ja ”Miten informaatio saadaan ja mitä dataa tarvittaviin toimintoihin sisältyy?” (Steele & Iliinsky 2011, s. 22).

Informaation visualisoinnissa vaikuttavat kolme keskenään vuorovaikutuksessa olevaa osapuolta (kehittäjä, data ja lukija) (kts. Kuva 3), jotka tuovat suunnitteluun omat näkökulmansa. Visualisoinnin luonteen määrittelee hallitsevin suhde: informatiivinen (lukijan ja datan välillä), visuaalinen (kehittäjän ja datan välillä) tai suostutteleva ja vakuuttava (lukijan ja suunnittelijan välillä). (Steele & Iliinsky 2011, s. 9.) Informatiivisen suhteen ollessa vahva visualisoinnissa on paljon analyttisen visualisoinnin piirteitä, kun taas suostuttelevan tai vakuuttavan suhteen hallitessa visualisoinnissa korostuvat esteettisen visualisoinnin piirteet. Visuaalisen suhteen ollessa vahva suunnittelijan pyrkimyksenä on kuvata data jotenkin tunteita ja ajatuksia herättävästi ilman erityistä tavoitetta taivuttaa käyttäjää tietylle kannalle tai kehittää käyttäjälle monipuolisia analysointityökaluja. (Vrt. Steele & Iliinsky 2011, s. 9; Kosara 2007.)



*Kuva 3: Visualisoinnin kolme osapuolta. Visualisoinnin luonteen määrittelee hallitsevin suhde: informatiivinen (lukijan ja datan välillä), visuaalinen (kehittäjän ja datan välillä) tai suostutteleva ja vakuuttava (lukijan ja suunnittelijan välillä). (Steele & Iliinsky 2011, s. 9.)*

Visualisoinnin tulkinta riippuu aina enemmän tai vähemmän havaitsijasta. Tulkinta muodostuu sekä käyttäjän henkilökohtaisista että asia- ja käyttöyhteyteen liittyvistä tekijöistä. Edellisiä tekijöitä ovat esimerkiksi persoonallisuus, käyttökokemus, tiedot ja taidot, jälkimmäisiä motivaatio, vireystaso, odotukset ja kulttuuri. Visualisointijärjestelmän tulkintaan vaikuttavat lisäksi esityksessä käytetty algoritmi, havaitsijan havainnointikyvyt sekä päätelaite (van Wijk 2005, s. 82). Tilanteilla ja käyttäjien piirteillä ja kyvyillä on kuitenkin myös yhtenäisiä ominaisuuksia, jotka huomioimalla voidaan tukea käyttäjille yhtenäisiä havainnointi ja -ajatusprosesseja. Visualisoinnin elementtien ja toi-

mintojen suunnittelussa tulisi ymmärtää ja huomioida käyttäjän intuitiivinen ja looginen asioiden merkityksellistäminen. (Berg 2012, s. 4–5 & 9.)

Cooper et al. (2007, s. 569) kehottavat olettamaan ohjelman käyttäjät viisaiksi mutta kiireisiksi ja ohjaavat optimoimaan käyttöliittymän keskitason käyttäjille. Käyttäjä ei kuitenkaan saisi milloinkaan kokea itseään ymmärtämättömäksi (Cooper et al. 2007, s. 97). Käyttäjien ei voida olettaa opettelevan järjestelmän käyttöä enempää kuin asetettujen tehtävien suoritus vaatii, joten heidän ymmärryksensä järjestelmästä on aina vajaa (Hornbæk & Frøkjær 2002, s. 500). Informaatio tulisi esittää siten, että se on ymmärrettävissä puutteellisilla tiedoilla, ja sama informaatio olisi aina esitettävä myös vaihtoehdoisella tavalla (Hornbæk & Frøkjær 2002, s. 589).

Suunniteltaessa visualisointia on varmistettava, että käyttäjä saa kaiken tarvittavan tiedon asiayhteydestä oikealla tarkkuudella (Steele & Iliinsky 2011, s. 91). Liiallinen yksinkertaistaminen aiheuttaa informaation vääristymistä, liiallinen monimutkaistaminen taas kognitiivista kuormitusta, keskittymistä epäoleelliseen ja havaitsemishäiriöitä (vrt. Bresciani & Eppler 2008; Tufte 2001). McShane et al. (2008, s. 324) puhuvat informatiivisen kuormituksen vähentämisen yhteydessä tiedon tiivistämisestä.

Hyvä informaation visualisoinnin suunnittelu ja arviointi painottaa käyttäjän kykyä avata ja sisäistää esityksen merkitys ja käsitellä sitä itsenäisesti. Informaation visualisoinneissa on usein havaittavissa kuilu suunnittelijan olettamien ja käyttäjän todellisten tavoitteiden välillä. Onnistunut ratkaisu on liian usein pikemminkin sattuman ja käyttäjäkokemuksen kuin tarkoituksenmukaisen suunnittelun ja käyttäjää tavoitteissaan tukevien toimintojen seurausta. (Amar & Stasko 2004.) Jos käyttäjän tarvitsema informaatio on kohdealue- tai tehtäväriippuvainen, suunnittelu täytyy sitoa kohdealueeseen, käyttäjän tehtäviin tai yleisiin informaation haun vaiheisiin (kts. Shneiderman 1996, s. 337) (Tory & Möller 2004).

Informaation visualisointiin, samoin kuin mihin tahansa tietokoneohjelmaan, liittyy kolme mallia, jotka kuvaavat kohdettaan eri osapuolten näkökulmasta (kts. Kuva 4). Jokaisella tietokoneohjelmalla on toteutusmalli (engl. implementation model), joka kuvastaa ohjelman suunniteltua toimintaa ja toteutusta. Ohjelman suunnittelija muodostaa esitysmallin (engl. represented model), joka kuvastuu käyttäjälle järjestelmän käyttöliittymässä. Käyttöliittymän informaatioisällön ja vuorovaikutteisuuden perusteella käyttäjä muodostaa oman mallinsa, käsitemallin (engl. mental model). Käsitemalli kuvaa käyttäjän näkemystä ohjelman ja sen toimintojen suhteesta ohjelmalle asettamiinsa tavoitteisiin. Käsitemalli perustuu käyttäjän henkilökohtaisiin käsityksiin kohteesta ja asiayhteydestä. Suunnittelijan on pyrittävä muodostamaan esitysmallista mahdollisimman paljon käyttäjän käsitemallia vastaava. (Cooper et al. 2007, s. 28–30.)



*Kuva 4: Kolme mallia: toteutusmalli (teknologia), esitysmalli (suunnittelija) ja käsitelmä (käyttäjä). Esitysmallin (engl. represented model) on kuvastettava mahdollisimman paljon käyttäjän käsitelmää (engl. mental model). (Cooper et al. 2007, s. 30.)*

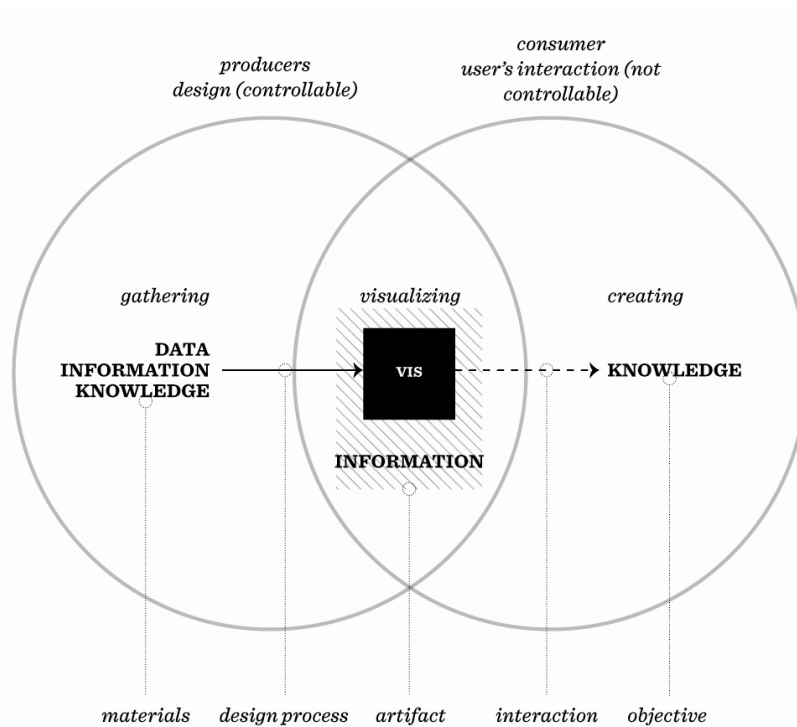
DOI-arvot (engl. Degree Of Interest) kuvaavat visualisoinnin elementtien piirteinä esitettyjen asioiden merkitystä käyttäjän tavoitteissa. Arvojen laskennassa käytetty kaava riippuu visualisoinnin tarkoituksesta ja datajoukosta. Monessa yhteydessä käyttäjä kuitenkin kokee itseensä jotenkin läheisesti liittyvät asiat muita merkityksellisemmiksi. (Vrt. Furnas 1986.) DOI-arvot täytyy usein laskea eri ajankohdille eli käyttäjän eri osatehtäville (vrt. Heer & Shneiderman 2012, s. 50; Shneiderman 1996, s. 337).

Visualisoinnin suunnittelua voi lähestyä kustannusten minimoimisen näkökulmasta, joka on laajennettavissa visualisoinnin kokonaisuuteen laskemalla osakustannusten ja osahyötyjen erotus (vrt. Ware 2004; Pirolli & Card 1995; van Wijk 2005). Pirolli ja Card (1995) vertaavat käyttäjien informaation hakua eläinten ravinnon hankintaan. Samoin Ware (2004, s. 29–30) ohjaa miettimään visualisoinnin yhteyttä luontoon.

Stuttartin mediayliopistossa on tehty kokeellinen tutkimus käyttäjän havainnoinnista ja käyttäytymisestä vuorovaikutteisessa infografiikassa (kts. Burmester et al. 2010). Tutkimuksessa testihenkilöille ei annettu valmiita tehtäviä vaan heitä oletettiin ohjaavan kiinnostus grafiikkaan. Tutkimuksen merkittävimpiä löydöksiä oli käyttäjän mielenkiinto animaatioihin ja suhteellisen pitkän ajan (n. 23 sekuntia) käyttäminen yleiskuvan saamiseen tarkkaillen ja osoittaen elementtejä kursorilla. Tarkastelun kohteena olivat usein vuorovaikutteiset elementit. Käyttäjät olivat lisäksi motivoituneita tarinankerronnasta ja mielellään seurasivat tarinaa aina loppuun asti. (Burmester et al. 2010.)

Masud et al. (2010) esittävät visualisoinnin datan, informaation ja tietämyksen jatkumona (kuva 5). Visualisoinnin tuotoksen (artifact) lähtömateriaalina (materials) voi olla dataa, informaatiota ja tietämystä. Suunnittelija muuntaa lähtötiedon eri tiedon tasot suunnitteluprosessissa (design process) informaatioksi, joka välitetään käyttäjälle visuaalisilla vihjeillä ja käyttöliittymän toimintoina. Käyttäjä rikastaa eri näkymien ja vuorovaikutuksen perusteella informaatiosta tietämystä, tulkintansa. Visualisoinnin tuottajan (producer) tiedon hankinnan ja kuluttajan (consumer) ymmärryksen luomisen

(creating) leikkauksessa on visualisointi (Kuva 5), mikä kuvastaa visualisoinnin merkittävää ja haasteellista tehtävää suunnittelijan ja käyttäjän ymmärrysten yhdistäjänä.



*Kuva 5: Visualisointi DIK-jatkumona (data-information-knowledge). Tietoa, jonka lähtötaso voi olla dataa, informaatiota tai tietämystä, välitetään informaationa visualisoinnissa. Käyttäjä tulkitsee visualisoinnin rikastamalla informaatiosta tietämystä. (Masud et al. 2010, s. 446.)*

Amar ja Stasko (2004) tiivistävät uudenaikaisen informaation visualisoinnin suunnittelun Shneidermanin informaation haun mantraan. Shneiderman (1996) kuvaa käyttäjän ja visualisoinnin vuorovaikutusta mantrassaan toteamalla käyttäjän ensin pyrkivän saamaan yleiskuvan informaatiosta asiayhteydessään, sitten tarkentamaan haluttuun kohtaan ja suodattamaan ylimääräisen tiedon pois ja lopulta hakemaan tarkempaa tietoa tavoitteidensa mukaisesti. Berg (2012, s. 23 & 29) on esittänyt, että lisäämällä dataohjautuvaa intuitiota ja rakenteen paljastavaa vuorovaikutusta voidaan lisätä visualisoinnin ymmärrettävyyttä. Dataohjautuva intuitio on tiedostamatonta ajattelua ja informaation tulkintaa ennen mielikuvien muodostumista.

Jos käyttäjä ymmärtää visualisoinnin merkityksen, yleisnäkyvä esittää tehokkaasti datajoukon säännönmukaisuudet ja poikkeamat, joista käyttäjä todennäköisesti on kiinnostunut. Esitetyn datan asiayhteys voi kuitenkin aluksi olla käyttäjälle epäselvä, jolloin

visualisoinnin tarkoitus voi olla helpommin ymmärrettävissä, jos yleisnäkymän sijasta esitetään ensin vain yksittäinen käyttäjälle merkittävä elementti ja sen naapurusto. Usein tällainen elementti on visuaalinen kuvaus käyttäjästä itsestään tai tämän hyvin ymmärtämästä asiasta. Tällöin käyttäjälle tarjotaan kosketuspinta esitettyyn dataan itselleen tutun asian perusteella. Ymmärrettyään visualisoinnin tarkoituksen tutussa ympäristössä käyttäjä voi laajentaa ymmärryksensä koko datajoukkoon. Van Ham ja Perer (2009) ovat kuvanneet tätä haun, asiayhteyden ja laajennuksen -mallilla. Arvioimalla ja esittämällä ensin ainoastaan datan merkityksellisin osajoukko ja vasta pyynnöstä haettaessa ja esittäessä lisää dataa voidaan lisäksi välttyä liialliselta palvelimen ja käytetyn päätelaitteen kuormitukselta. (Van Ham & Perer 2009.)

Ensimmäisen kerran visualisoinnin nähdessään havaitsija käy läpi kolme vaihetta (vrt. Carpenter & Shah 1998): visuaalisen koodauksen havaitsemisen ja tulkinnan, elementtien visuaalisten vihjeiden keskinäisten suhteiden tunnistamisen ja niiden vertaamisen lähtöarvoihin. Mitä tehokkaammin eri vaiheiden suoritusta tuetaan, sitä nopeammin käyttäjä voi ymmärtää visualisoinnin merkityksen ja saavuttaa tavoitteensa. Seuraavissa aliluvuissa käsitellään näitä vaiheita ja niihin liittyviä toimintoja sekä muita tekijöitä.

Informaation visualisoinnin koristeellisuuden tarpeellisuudesta on vastakkaisia käsityksiä ja tutkimuksia. Edward Tufte (2001) vastustaa voimakkaasti ”kaavioroskaa” (engl. chart junk) visualisoitaessa tilastollista dataa. Hän kehottaa karsimaan visuaalisoinneista merkityksettömän täytemusteen ja toisteisen tiedon. Hän näkee täytemusteen aiheuttavan väärintulkintoja, ymmärtämisen vaikeuksia sekä havaitsijan keskittymistä epäoleelliseen. Ryan ja Schwartz (1956) ovat osoittaneet, että vain ääriviivat ja keskeiset piirteet esittävä piirros kädestä on nopeammin tunnistettavissa kuin mustavalkovalokuva kädestä. Tulos ei ole yllättävä, sillä monet tutkimukset ovat osoittaneet, että yksityiskohtaisen informaation havainnoiminen vaatii aikaa (Cooper et al. 2007, s. 237). Cooper et al. (2007, s. 570) esittävät käyttöliittymäsuunnittelussa vähemmän olevan enemmän ja väittää, ettei lisätty koristeellisuus paranna käytettävyyttä.

Vaikka usein viitatu lähteet korostavat toisteisen tiedon ja ”kaavioroskan” välttämisen tärkeyttä, useat viimeaikaiset tutkimukset osoittavat visuaalisten täyte-elementtien auttavan oivaltamisessa ja asioiden palauttamisessa mieleen (Hullman et al. 2011, s. 2213). Samoin Bateman et al. (2010) arvioivat koristeellisuuden lisäävän visualisoinnin muistettavuutta. Tarkoituksenmukaisella ja huolellisella koristelulla on oma merkityksensä (vrt. Norman 2002; Tractinsky 2000; Bateman et al. 2010). Saskatchewan yliopistossa tehtyjen käyttäjätietien (Bateman et al. 2010) perusteella koristeellisuus ei välttämättä aina heikennä visualisoinnin ymmärrettävyyttä. Ashby et al. (1999, s. 530) olettavat positiivisen mielentilan nopeuttavan aivojen välittäjäaine dopamiinin liikettä, jolloin ajatteluprosessi tehostuu ja muuttuu joustavaksi. Norman (2004) päättelee tästä kauniiden tuotteiden auttavan luovassa ajattelussa, oppimisessa ja ongelmanratkaisussa ja edelleen parantavan tehtävien suoritusta. Sonderegger ja Sauer (2010) ovat todenneet



esteettisyyden vaikuttavan käyttöliittymän käytettävyyteen ja viehättävyyteen. Myös Tractinskyn tutkimusryhmä (2000) on käyttäjätestein havainnut esteettisyydellä olevan merkitystä käytettävyyteen ja luovaan ajatteluun. Verkkokaupan ympäristössä tehty käyttäjätesti (Tuch et al. 2012) osoittaa käytettävyydeltään hyvän käyttöliittymän vaikuttavan käyttäjän esteettiseen kokemukseen. Angeli et al. (2006) osoittavat, että koristeellisuudella voidaan saada käyttäjä ymmärtämään asiayhteys, mutta käytettävyys ja informaation laatu heikkenee. Samassa tutkimuksessa todettiin, että metaforan käyttäminen on hyödyllistä käyttäjien ollessa lapsia, vanhemmille ihmisille selkeä käyttöliittymä on parempi. Asianyhteyttä kuvaava koristeellisuus voi häiritä informaation tulkintaa, jos lisätty koristeellisuus aiheuttaa käyttäjässä liian voimakkaita tunteita, kuten vastenmielisyyttä tai järkytystä (Bresciani & Eppler 2008).

Esteettisyyteen liitetään usein tyylin, maun, omaperäisyyden ja kauneuden (engl. style, taste, originality, beauty) käsitteet (Sudweeks & Simoff 1999). Vaikka nämä mielletään usein henkilökohtaisiksi kokemuksiksi, estetiikassa on mahdollisesti myös joitakin aidosti yleismaailmallisia piirteitä symmetriassa, tasapainossa, selkeydessä, väreissä, kirkkaudessa ja nuorekkuudessa (Van Damme 1996). Esteettisyydellä voi siis olla sekä henkilökohtainen että universaali ulottuvuus. Lännessä universaali esteettinen arvo on usein annettu kultaiselle leikkaukselle, vaikka tutkimus on osoittanut, ettei tälle ole pätevää näyttöä (vrt. Sudweeks & Simoff 1999; Van Damme 1996). Visuaalisen esityksen havainnoija huomioi symmetrisyyden ja sillä on ensisijainen merkitys esteettisessä kokemuksessa kaikissa, yhdestä kolmeen ulottuvuuden, visualisoinneissa (Szilagyi et al. 1977). Dutton (2002) esittää kahdeksi seitsemästä estetiikan universaalisia piirteistä imitaation ja mielikuvituksen, eli taide jäljittelee maailmassa koettuja kokemuksia ja taitelijat ja heidän yleisönsä muodostavat hypoteettisen maailman mielikuviinsa.

Informaation visualisoinnin käyttöliittymä on verrattavissa verkkosivuston käyttöliittymään. Schenkman ja Jönsson (2000) suosittelivat verkkosivujen suunnittelijoita antamaan hyvän yleiskuvan ja kokonaisvaikutelman verkkosivuista. Verkkosivun kauneudella on suuri merkitys hyvän yleiskuvan saamisessa ja hyvällä yleiskuvalla saamisella kauneuden havainnointiin. Hyvään ensivaikutelmaan tarvitaan enemmän kuvitusta kuin tekstiä. (Schenkman & Jönsson 2000.)

## 4.1 Havainnointi ja hahmolait

Kun yritämme ymmärtää havainnointia, Colin Ware (2004, s. 29–30) kehottaa pohtimaan sen luontaista ja historiallista merkitystä ihmiselle. Evoluutioteorian mukaan visuaalisella havainnointijärjestelmällä täytyy olla selviytymisnäkökulma, joka ohjaa ajattelemaan visualisointia laajemmassa yhteydessä, kuten navigoimis- ja apuvälinenäkökulmasta sekä ruoan etsimisen näkökulmasta. Jokainen kappale luonnossa viestittää muodollaan käyttötarkoitustaan ja merkitystään, käytetäänkö sitä työvälineenä vaiko ra-

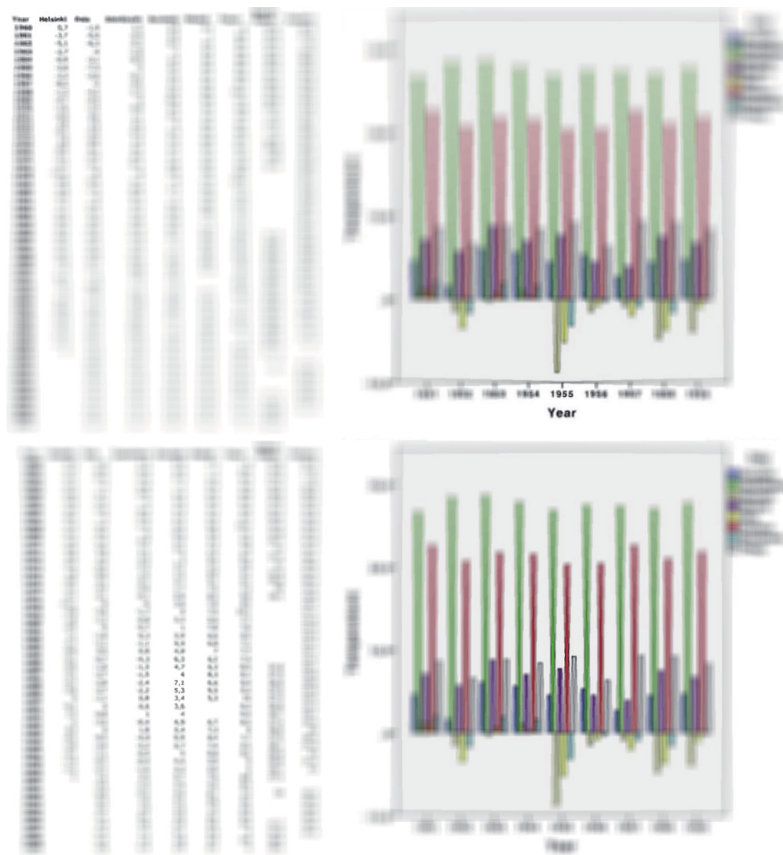
kennusmateriaalina, vai tuleeko sitä kenties välttää. Ware ohjaa siten informaation visualisoinnin suunnittelijaa käsittelemään dataa niin kuin se esiintyisi luonnossa, jolloin todellisesta ympäristöstä saadut kyvyt voidaan valjastaa datan ymmärtämiseen. Hän kehottaa lisäksi ajattelemaan maailmaa itsessään informaatioesityksenä. (Ware 2004, s. 29–30.) Pirolli ja Card (1995) esittävät, että käyttäjät hakevat informaatiota samalla tavoin kuin eläimet ravintoa: Kuten eläimet minimoivat ravinnon hankintaan tarvitsemansa energian, myös ihmiset minimoivat informaation hankintaan käyttämänsä resurssit.

Staattisten visualisointien aikana kehittyivät tärkeät visualisoinnin perusteoriat. Yksi merkittävä tutkija oli Edward Tufte, joka selvitti tiedon mahdollisimman tehokasta ja ymmärrettävää esittämistä ja päätyi ylimääräisestä musteesta karsittuihin visualisointeihin (kts. Tufte 2001). Tufte rajasi tutkimuksensa ajan tekniisiin mahdollisuuksiin eli vain staattisiin visualisointeihin ja suhteellisen suppean datajoukon esittämiseen. Tunnustetun ja usein viitatus visualisoinnin periaatteiden tutkijan ja uranuurtajan löydökset ovat arvokkaita vielä nykyäänkin. Tekniikan kehittyttyä Tuften päätelmät täytyy kuitenkin sovittaa nykyajan haasteisiin, kuten aiempaa suurempiin datajoukkoihin ja laajoihin kohderyhmiin, sekä tekniikan tarjoamiin uusiin mahdollisuuksiin, etenkin vuorovaikutteisuuteen ja käyttäjäkohtaisiin esityksiin. Uudistunut tehtäväkenttä ei pelkästään ole muuttanut informaation visualisoinnin luonnetta vaan myös lisännyt sen merkitystä. Tekniikan kehittyessä visualisointi voi sietää yhä enemmän ja monimutkaisempaa dataa.

Visuaaliseen havainnointiin liittyy matalan ja korkean tason prosessit, jotka käyttävät ihmisen muistin kolmetasoista rakennetta. Matalla tasolla havainnoinnit tallentuvat jokaisella silmän liikkeen korjauksella ensin lyhytaikaiseen visuaaliseen puskuriin (kuva-muistiin eli sensoriseen muistiin), joka säilyttää visuaalisia havaintoja noin kaksi kymmenesosa sekuntia. Korkean tason prosessi tunnistaa sensorisen muistin havaintojen kohteet, liittää ne aiemmin havaittuun ja siirtää informaation työmuistiin symbolianaalyysiin. Lopuksi informaatio varastoidaan säiliömuistiin, joka säilyttää tietoa päivistä vuosiin. (Vrt. Ware 2004, s. 149. Sinkkonen et al. 2006, s. 167–168.)

Ihminen havaitsee visuaalisella havaintojärjestelmällään peräkkäisesti noin 25 kohdetta sekunnissa (Ware 2004, s. 145). Oikea aivopuolisko tunnistaa muodot ja värit, vasen käsittelee informaatiota analyttisesti ja peräkkäisesti ja on oikeaa aktiivisempi taulukkoa luettaessa. Aivot käsittelevät informaatiota helpommin kuvina kuin sanoina ja numeroina. (Cukier 2010.) Silmäilyllä ja matalan tason kognitiivisella prosessoinnilla havaitaan esityksestä geometriset säännönmukaisuudet, sen sijaan tekstin lukemiseen tarvitaan korkeamman tason kognitiivisia prosesseja (Cleveland & McGill 1987, s. 195). Lukiessamme tekstiä voimme sisäistää visuaalisesti esitetyn informaation vain havaitsemalla kirjain, sana, lause ja virke kerrallaan ja liittämällä ne toisiinsa ja asiayhteyteen löytääksemme kokonaisuudelle merkityksen. Samoin taulukon tarkastelu vaatii paljon aivotyöskentelyä. Kuvasta informaatio sen sijaan on saatavissa paljon pienemmällä vaivalla ja vain muutamassa sekunnissa (Cukier 2010).

Visuaalisen havainnoinnin rajoitteet liittyvät usein silmän nykäisyihin, peräkkäisiin silmämunan liikkeisiin. Visuaalisen tarkennuksen rajoitteet heikentävät yksityiskohtien käsittelyä ja huomiokykyä. Äärinäöllä ja keskinäöllä havaitun visuaalisen hahmon käsittelyn laadukkuus on erilainen, mikä riippuu osittain myös visuaalisen vihjeen tehokkuudesta (vrt. Berg 2012, s. 5; Mackinlay 1986, s. 125). Tehokkaan visuaalisen havainnointialueen leveys on sormen levyinen normaalilta etäisyydeltä näyttöä katsottaessa (O'Shea 1991). Kuva 6 havainnoi ihmisen näkökyvyn rajoitteita. Ylemmät kuvat esittävät silmän nykäisyn jälkeistä näkymää ennen tarkennusta, alemmat tarkennuksen jälkeen. Tarkennuksen jälkeisistä esityksistä nähdään tehokkaan havainnointialueen kapeus. Kuvista on nähtävissä myös visuaalisen esityksen vahvuus verrattuna numeromuotoiseen esitykseen. Molemmissa tapauksissa visualisoinnista on havaittavissa heti asioiden suhteet, jotka selviävät numeromuotoisesta esityksestä vasta numerot lukemalla ja niitä vertailemalla. (Berg 2012, s. 5.)

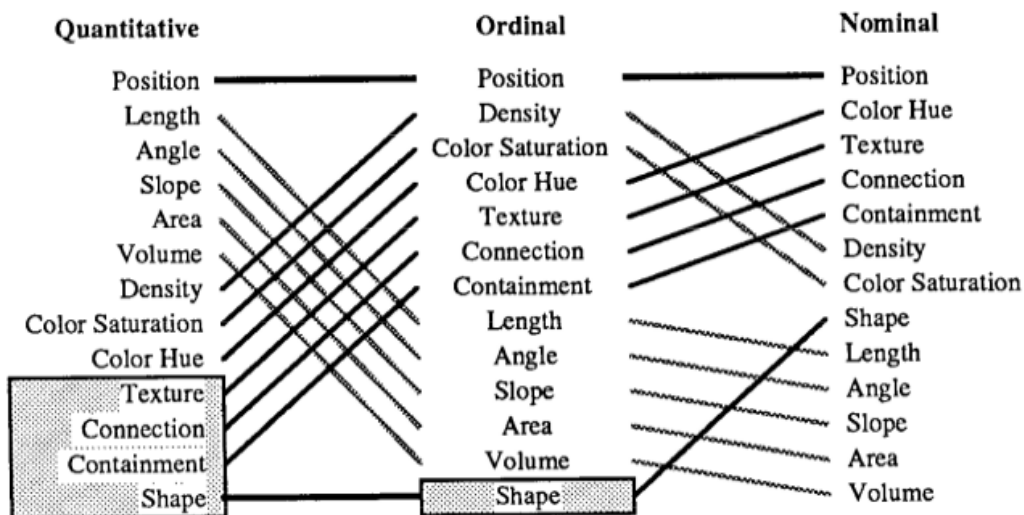


*Kuva 6: Ihmisen visuaalisen havainnoinnin heikkoudet ja vahvuudet. Tilanne ennen näköhavainnon tarkennusta ja sen jälkeen. Visualisoinnissa asioiden väliset suhteet havaitaan välittömästi, numeromuotoisessa esityksessä sen sijaan ei voida hyödyntää näköaistin hahmojen tunnistamisen vahvuuksia. (Berg 2012, s. 5.)*

Levollinen teknologia (engl. calm technology) on ajatusmalli teknologiasta, joka on siirrettävissä luonnollisesti havainnoinnin reuna-alueen ja keskiön välillä. Aivot käsittelevät havainnoinnin reuna-alueen asioita ilman ylimääräistä kuormaa sensorisessa muistissa, aistitiedon ensimmäisessä säilytyspaikassa. Asettamalla asioita tarkoituksenmukaisilla valinnoilla havainnoinnin reuna-alueelle voimme sopeuttaa ja jäsentää asioita paremmin kuin että kaikki asiat olisivat havainnoinnin keskiössä. Levollista teknologiaa voi soveltaa sekä informaation esityksen että vuorovaikutuksen suunnittelussa (Tzec et al. 2009). (Weiser & Brown 1996.)

Visuaalisesta esityksestä havaitaan ensin keskeiset visuaaliset piirteet, kuten sijainnit, värit ja yksinkertaiset muodot. Varhaisimpien huomioiden kognitiivisten toimintojen yhteydessä puhutaan ensihuomion prosessoinnista (engl. preattentive processing). Ensihuomion luonteen ymmärtämällä keskeisimmät asiat voidaan kuvata visualisoinnissa käyttäjälle kertasilmäyksellä. (Ware 2004, s. 150–151.) Visuaalinen työmuisti on kuitenkin rajoittunut kolmesta viiteen yksinkertaiseen elementin piirteeseen (Ware 2004, s. 352).

Mackinlay (1986) on esittänyt visuaalisten vihjeiden havainnointijärjestyksen kolmelle eri tiedon tyyppille (kts. Kuva 7). Määrällisessä (engl. quantitative) tiedossa järjestys perustuu aiempaan (Cleveland & McGill 1984) tutkimukseen. Laajennus kahteen muuhun tiedon tyyppiin, järjestykselliseen (engl. ordinal) ja nimelliseen (engl. nominal) tietoon, on johdettu havaintotehtävien psykofyysisistä tuloksista ja analyyseista. Havainnointijärjestyksestä ei kuitenkaan ole tieteellisesti vahvistettu. (Mackinlay 1986.) Psykofyysisissä kokeissa mitataan reaktioaikoja ja silmänliikkeitä (Berg 2012).



Kuva 7: Visuaalisten vihjeiden havainnointijärjestys kolmelle eri tiedon tyyppille. Laatikoidut vihjeet eivät sovellu tiedon tyyppiin. (Mackinlay 1986, s. 125.)

Visualisoinnissa asiat on esitettävä käyttäjälle oikeassa järjestyksessä (Keinonen 1998). Mitä korkeammalla visuaalinen vihje on kuvassa 7, sitä nopeammin vihje havaitaan eli sitä tehokkaampi se on. Kuvan perusteella jokaisella tiedon tyypillä tehokkain visuaalinen vihje on sijainti (engl. position). Määrällisessä tiedossa seuraavaksi tehokkaimmat vihjeet ovat pituus (engl. length), kulma (engl. angle), jyrkkyys (engl. slope), pinta-ala (engl. area), tilavuus (engl. volume), tiheys (engl. density), värikylläisyys (engl. color saturation) ja värisävy (engl. color hue). Tekstuurilla (engl. texture), yhteydellä (engl. connection), sisältyvyydellä (engl. containment) ja muodolla (engl. shape) ei ole merkitystä tässä tiedon tyypissä, sillä määrällisessä tiedossa voi olla käytännössä lukemattoman paljon eri arvoja. Järjestyksellisen (engl. ordinal) tiedon ”muoto”-vihjeellä ei ole merkitystä, koska sillä ei voida luontevasti kuvata järjestystä. Nimellistä (engl. nominal) tietoa voidaan kuvata kaikilla esitetyillä visuaalisilla vihjeillä.

Visualisoinnin elementeillä on yhdistelmä visuaalisia piirteitä, joilla kuvataan kohteen ominaisuuksia ja jotka yhdessä, sidottuna asiayhteyteen, antavat elementille merkityksen. Piirteet kuvastavat hahmolakeja, joilla viitataan ihmisen hahmoja tunnistavan näköjärjestelmän säännönmukaisuuksiin. Hahmolakeja ovat läheisyyden, samanlaisuuden, jatkuvuuden, tuttuuden, valiomuotoisuuden, yhteenliittymisen, sulkeutuvuuden ja yhteisen liikkeen lait (Sinkkonen et al. 2006, s. 89–91). Yleisimpiä visuaalisia piirteitä siten ovat (kts. Kuva 7) sijainti (engl. position), muoto (engl. shape), koko, väri, orientaatio (engl. orientation) ja pinnoitus (engl. texture) (Cooper et al. 2007, s. 291–292). Samanlaisia visuaalisia piirteitä sisältävät elementit nähdään hahmolakien mukaan liittyvän jotenkin yhteen, erilaisten piirteiden nähdään erottavan elementit toisistaan. Visualisoinnin suunnittelijan on ymmärrettävä elementtien piirteillä kuvattujen asioiden tärkeys visualisoinnin ymmärtämisen kannalta ja niiden yhteys kokonaisuuteen, jotta käyttäjän on mahdollisimman miellyttävä ja helppo tulkita esitystä, päätellä ja oivaltaa. Hyvän yleiskuvan muodostamiseen tarvittava informaatio pitäisi olla mahdollisimman nopeasti saatavissa ja ymmärrettävissä.

Muoto eli elementin siluetti on ensisijainen piirre, jolla elementti tunnistetaan (Cooper et al. 2007, s. 291). Muoto voi esittää kuitenkin vain hyvin rajatun määrän ominaisuuksien arvoja. Suuri määrä muotoja häiritsee ja vie huomion muilta elementtien piirteiltä, kuten väritä ja koolta, sekä häiritsee näkymän tulkitsemista (Cooper et al. 2007, s. 291; Metsämäki 1995, s. 26).

Graafisen havainnoinnin kokeet ovat osoittaneet, että avaruudellinen sijainti on tehokkain numeromuotoisen datan kuvauskeino (Heer et al. 2010). Myös edellinen kuva (kuva 7) osoittaa sijainti-piirteiden tehokkuuden. Kahden elementin keskinäinen sijainti, läheisyyden hahmo, on tehokas vihje kuvaamaan elementtien välisen suhdetta. Jos toisiinsa liittymättömät elementit ovat vierekkäin, havaitsija saattaa saada virheellisen käsityksen niiden suhteesta. Sijainnilla on myös merkitystä kokonaisuuden havainnoinnin

kannalta. Läheisyyttä vieläkin vahvempaa suhdetta kuvaa sulkeutuvuuden hahmo, jolla on tehokasta esittää myös hierarkkista suhdetta.

Sijaintien tavoin myös elementtien koot vaikuttavat merkittävästi visualisoinnin tulokintaan matalan tason ajatusprosesseissa. Mitä lähempää visuaalista esitystä katsotaan (mitä isompia elementit ovat), sitä hallitsevampia yksittäiset elementit ovat havainnoinnissa. Kauempaa katsottaessa elementtien kokonaisuus on hallitsevampi. (Ware 2004, s. 228–229.)

Väri on enemmän elementin ominaisuus kuin sen ensisijainen piirre, joten se soveltuu merkitsemiseen ja luokitteluun, mutta ei ilmaisemaan muotoa, tarkennusta tai aluetta. Väärillä värivalinnoilla voidaan aiheuttaa häiriötä informaation havaitsemisessa ja näköharhoja. Suurin osa värien havaitsemisen heikkouksista johtuu pitkien tai keskipitkien aallonpituuksien tappisolujen vähydestä, mistä seuraa punaisen ja vihreän värin erottamisen vaikeus. Useimmat näköharhat johtuvat graafisesta ympäristöstä aivojen yrittäessä sopeuttaa taustan valon ympäristöön. Vierekkäin ei saa sijoittaa värispektrin eri pään äärimmäisen värikylläisiä värejä, kuten sinistä ja punaista. Sininen väri sopii hyvin havainnoinnin reuna-alueelle mutta ei keskiöön. (Ware 2004, s. 97–144.) Koska puhtaat, tummat ja lämpimät värit ovat värihavainnoinnin syvyysvaikutuksessa lähimpänä, ne soveltuvat paremmin elementin kuin taustan väriksi (vrt. Sinkkonen et al. 2006, s. 129). Ihminen tunnistaa noin 11–15 erilaista väriä samalla valotiheydellä, joista vain yhdeksän väriä (valkoinen, punainen, keltainen, vihreä, sininen, syaani, oranssi, vaaleanpunainen ja violetti) nimetään johdonmukaisesti mustalta pohjaväriä (vrt. Halsey & Chapanis 1954; Post & Greene 1986). Oletettavasti vain näitä yhdeksää väriä voidaan käyttää tehokkaasti luokittelussa.

Noin 10 prosentilla miehistä ja 3 prosentilla naisista on heikkouksia näkökyvyssä. Värisokeat erottavat toisistaan todennäköisimmin valkoisen, mustan, keltaisen ja sinisen. Toisistaan vaikeasti erotettavia värejä ovat punainen, ruskea, vihreä, harmaa ja sinipunainen, etenkin jos niitä käytetään rinnakkaisina väreinä. Mustan ja valkoisen sekä keltaisen ja sinisen (vihreä–sininen ja punainen–sininen) ulottuvuuksissa liikuttaessa voidaan välttää yleisiä värien havaitsemisen heikkouksia. (Ware 2004, s. 97–144; Sinkkonen et al. 2006.)

Värisävyillä on kulttuurisia ja asiayhteyteen liittyviä eroja. Värisuunnittelussa täytyy huomioida paikallinen värikulttuuri (Sinkkonen et al. 2006, s. 133). Länsimaisessa kulttuurissa valkoinen yhdistetään puhtauteen, viattomuuteen ja rehellisyyteen, musta likaisuuteen ja onnettomuuteen, sininen luotettavuuteen, voimakkuuteen ja rauhallisuuteen ja vihreä luonnonläheisyyteen (Sinkkonen et al. 2006, s. 130–131). Aasiassa valkoinen yhdistetään kuolemaan ja musta kalleuteen (Aslam 2005, s. 219). Yhdysvalloissa kirjanpitiäjä samaistaa punaisen värin negatiiviseen ja mustan positiiviseen ja arvopaperikauppiasta sininen väri kehottaa ostamaan ja punainen myymään (Cooper et al. 2007, s. 291).

Joissakin tutkimuksissa on todettu, että värien huomioarvon järjestys on punainen, keltainen, vihreä, valkoinen, sininen ja purppura. Tunnistettavimmiksi väreiksi on todettu järjestyksessä punainen, oranssi, keltainen, purppura, vihreä ja valkoinen. Lapset muistavat väreistä parhaiten järjestyksessä keltaisen, vaaleanpunaisen, punaisen, oranssin ja sinisen. Värisuunnittelussa on huomioitava värien luonnollinen vastaavuus todellisuuden kanssa. Sininen vastaa vettä, punainen verta ja tulta, vihreä kesää ja elävää kasvillisuutta, ruskea syksyä ja kuollutta kasvillisuutta, keltainen aurinkoa. (Sinkkonen et al. 2006.)

Väreillä on kromaattinen (kylläisyys) ja luminaattinen (valotiheys) ominaisuus, jotka havaitaan toisistaan erillään. Kylläisyys kuvaa värin puhtautta, valotiheys värin valoisuuden määrää. Pelkällä kromaattisella erolla ei tulisi koskaan kuvata kohteen muotoa, liikettä tai lisäinformaatiota, kuten tekstiä. Tietyt värit on tunnustettu keskeisiksi, ihanteellisiksi. Mitä lähempänä väri on esimerkiksi ihanteellista vihreää, sitä muistettavampi väri on. Värikoodauksella esitetyn informaation valotiheyden tulee olla hyvin suuri, etenkin pienissä kohteissa. (Ware 2004.)

Ihminen havaitsee värien kontrastieron nopeasti. Visuaalinen havaintojärjestelmä ei kuitenkaan lähetä aivoihin tietoa kontrastin määrällisestä vaan ainoastaan suhteellisesta erosta (Ware 2004, s. 138). Asian ymmärtämällä voidaan hyödyntää ominaisuuden vahvuuksia ja välttyä aiheuttamasta käyttäjälle näköharhoja. Koska väristä havaitaan suhteellinen ero, sillä on tehokasta kuvata järjestystä, esimerkiksi valotiheydellä veden syvyyttä kartalla. Jotta värisiirtymät olisivat toistettavissa mahdollisimman samalla tavalla eri päätelaitteissa, värisiirtymien valotiheyden kontrastieron tulee olla mahdollisimman suuri ja eri värikylläisyyksiä ja -sävyjä tulisi olla mahdollisimman vähän (Ware 2004, s. 138). Väreissä on käytettävä mahdollisimman monipuolisia värikanavien (sävy, värikylläisyys, valotiheys) variaatioita, jotta useat värit olisivat paremmin erotettavissa toisistaan, sillä värin havainnointi riippuu myös elementin koosta ja paikallisesta ympäristöstä (vrt. Ware; Zuk & Carpendale 2006).

## 4.2 Merkityksellistäminen

Ihmisen mieli ja ajattelu perustuu asiayhteyksien verkostoon, josta yhteen poimittuun asiaan liitetään siihen sidoksissa olevat muut asiat. Visualisointijärjestelmän käyttäjän ymmärryskykyyn vaikuttavat järjestelmän vuorovaikutteisuus, informaation esitystapa, asiayhteys, yksilön erityispiirteet ja käyttötilanne. Käyttäjän yksilöllisiä piirteitä ovat persoonallisuus, kokemus ja uskomukset. Käyttötilanteeseen tai asianyhteyteen liittyviä tekijöitä ovat kulttuuri, käyttöympäristö ja käyttäjän odotukset, tunteet, motivaatio ja viireystaso. (Vrt. Berg 2012, s. 4; Hornbæk & Frøkjær 2002.) Tässä työssä merkityksellistämisen käsitteellä viitataan kognitiiviseen prosessiin, jossa ihminen muodostaa ymmärrystään saamastaan tiedosta. Työssä käytetään tulkinnan sijasta merkityksellistämisen

käsitettä, koska tulkinnan käsite kuvastaa oletusarvoisesti enemmän yksilökohtaista päättelyä. Sen sijaan merkityksellistämisen käsitteessä korostuu pyrkimys eri yksilöiden samanlaiseen päättelyketjuun, joka informaation visualisoinnissa voi olla tavoitteena (kts. Taulukko 1).

Visualisoinnin vahvuus selittyy olennaisesti siksi, että se perustuu tunnistamiseen muistamisen sijasta. Muistamisessa asioita palautetaan mieleen hakuavaimen perusteella, tunnistamisessa ainoastaan varmistetaan informaation vastaavuus aikaisempaan tietoon (Sinkkonen et al. 2006, s. 190). Kuvaavana esimerkkinä Sinkkonen et al. (2006, s. 190–191) vertaavat komentorivikäyttöliittymää graafiseen käyttöliittymään. Graafisessa käyttöliittymässä komento tunnistetaan tutuista vihjeistä, komentorivikäyttöliittymässä komento täytyy muistaa ilman mitään vihjetä (Sinkkonen et al. 2006, s. 190–191).

Asioiden ymmärtäminen ja oppiminen helpottuu, jos käyttäjä pystyy liittämään asiat oppimiinsa skeemoihin. Skeema on järjestynyt ja jäsenneilty konseptimainen informaatiokokonaisuus eli kuvaus ilman yksityiskohtia. (Sinkkonen et al. 2006, s. 180–190.)

Tukemalla mieltämysyksiköiden muodostumista ihmisen muistikapasiteettia voidaan tehostaa (Sinkkonen et al. 2006, s. 170; Gobet 2000). Mieltämysyksiköt ovat ryhmiteltyjä asiakokonaisuuksia tai tietorakenteita, jotka kuluttavat yhden muistilokeron samoin kuin mikä tahansa yksittäinen asia. Mieltämysyksiköt voivat muodostua esimerkiksi sanojen merkityksistä, visuaalisista ryhmittelyistä sekä foneettisesta rytmistä (Sinkkonen et al. 2006, s. 172). Mieltämysyksiköiden muodostumista voidaan siten tukea asioiden ryhmittelyllä, muodostamalla kokonaisuuksia ja sitomalla asioita aiemmin opittuun. Fernand Gobet (2000) esittää useampaa tutkimukseen viitaten kokemuksen lisäävän mieltämysyksiköiden kokoa. Esimerkiksi hän ottaa shakin pelaajat: Mieltämysyksiköiden oppimisaika ja säilöntämäärä eivät lisäänty ammattitaidon lisääntyessä, mutta shakin ammattilaiset pystyvät havaitsemaan enemmän ja laajempia mieltämysyksiköitä kuin aloittelijat (Gobet 2000). Kuitenkin Sinkkonen et al. (2006, s. 193) esittävät, että mitä mielekkäämpiä tuotteeseen liittyvät mieltämysyksiköt käyttäjälle ovat, sitä suurempia ja enemmän mieltämysyksiköitä säilyy käyttäjän muistissa.

Muistijäljen varastointimekanismi tulee valita tarkoituksenmukaisesti, sillä samalla tavalla ei kannata säilöä välittömästi ja vasta vuosien päästä tarvittavaa tietoa. Aikaisempaan tietoon sidotut asiat ovat helpommin muistettavissa. Tiedon uudelleenkäyttö lisäksi edellyttää, että informaatio on käsitelty työmuistissa siten, että se pystytään varastoimaan säilöntämuistiin. Työmuistin sisältö häviää, kun mieleen tulee uusia asioita, lisäksi mikä tahansa häiriö voi hävittää asiat työmuistista. Tämän takia on tärkeää pyrkiä estämään häiriövaikutuksia sekä tukemaan semanttista tiedonkäsittelyä muistiin tallennettaessa ja informaation sopivaa jäsentämistä. (Sinkkonen et al. 2006, s. 170–173.)

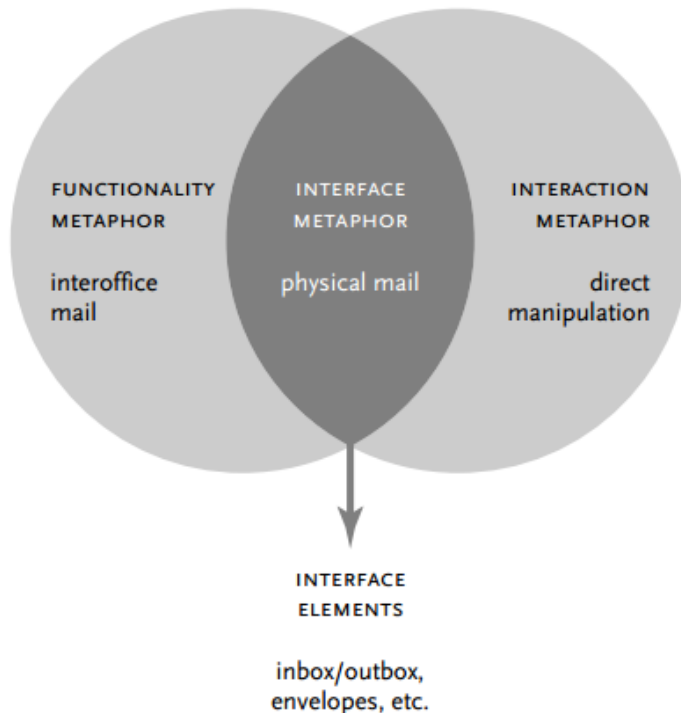
Käyttäjää voidaan ohjata vertaamaan uutta asiaa tai toimintatapaa johonkin aiemmin tietämäänsä analogioilla, metaforilla ja vertauksilla. Näiden kielikuvien lajien erot ovat pienet, mutta yhden selityksen mukaan metaforassa on eniten ja vertauksella vähiten yh-



teyksiä tuntemattoman ja tunnetun välillä. (Sinkkonen et al. 2006, s. 213–214.) Vertauksessa asia on kuin jokin toinen asia, metafora sen sijaan samaistaa asiat (Teleopelius). Metafora välittää merkityksen ja siirtää informaatiota ja asiayhteyksiä (Sease 2008). Metaforalla voidaan selittää visualisoinnin vuorovaikutteisuutta ja informaation asiayhteyttä käyttäjälle. Jos uudessa tuotteessa on joitain samoja ominaisuuksia kuin lähde-tuotteessa, käyttäjä samaistaa uuden vanhaan ja näin ollen osaa käyttää uutta tuotetta (Sinkkonen et al. 2006, s. 213). Metaforien informaation siirtämisen merkityksen ymmärtäminen on erityisen tärkeää ihmisen ja tietokoneen välisen vuorovaikutuksen tukemisessa (Sease 2008). Tehokas ja luotettava informaation visualisointi usein sitoo visualisoinnin luontevasti fyysisestä maailmasta löydettyyn vertauskuvaan. Tällainen visualisointi on käyttökelpoinen siksi, että eri ihmisillä on todennäköisesti hyvin samanlaisia havaintoja ja kokemuksia fyysisen maailman yleisesti tunnetusta ilmiöstä.

Käyttöliittymässä on hyödyllistä käyttää metaforaa sellaisen löydettyä, mutta käyttöliittymää ei saa sovittaa mielivaltaisesti valittuun metaforaan (Cooper et al. 2007, s. 279). Metaforien haittapuolena on se, että niiden lähteitä on usein vähän ja huonosti valittu metafora saattaa hidastaa oppimista (Sinkkonen et al. 2006, s. 216). Käyttäjät voivat myös ottaa vapaasti käytetyn metaforan kirjaimellisesti, koska se samaistaa asiat (vrt. Sinkkonen et al. 2006, s. 216). Gentner ja Nielson esittävät kolme metaforan haittavaikutusta (vrt. Sease 2008; Gentner & Nielsen 1996): kohteessa on ominaisuuksia joita lähteessä ei ole (magic attributes), lähteessä on ominaisuuksia joita kohteessa ei ole (misleading attributes) ja ominaisuudet täsmäävät mutta niillä on eri merkitys (violation of expectations). Metaforilla ei saa olla ”käsitteellistä ylikuormaa” eli järjestelmään sopimattomia piirteitä, vaikka ne olisivatkin yhteisiä metaforan kanssa (Sinkkonen et al. 2006).

Benjamin Fineman (2004) on esittänyt metaforat graafisen käyttöliittymän kolmelle mahdolliselle osa-alueelle (kts. Kuva 8); toiminnallisuuden, käyttöliittymän ja vuorovaikutuksen alueille. Toiminnallinen metafora esittää käyttäjän ohjelman käytön odotuksia ja tavoitteita. Vuorovaikutuksen metafora määrittää toiminnan muodon ja suorituksen. Molempien metaforien tulisi auttaa käyttöliittymän metaforan ymmärtämisessä. (vrt. Fineman 2004; Berg 2012, s. 23; Burmester et al. 2010.) Fineman käyttää esimerkkinä sähköpostia: Toiminnallisena metaforana voi olla fyysinen postikirje (Fineman 2004) ja käyttöliittymän metaforana osoitekirja (Sease 2008). Vuorovaikutuksen metaforana voi olla kohteen suora käsittely siten, että käyttäjä voi raahata tiedostoja, avata kirjeitä ja lähettää postia koneelta toiselle (vrt. Cooper et al. 2007, s. 377; Fineman 2004).



Kuva 8: Graafisen käyttöliittymän kolme mahdollista metaforaa (Fineman 2004).

Hullman et al. (2011) ovat tutkineet visuaalisen esittämisen haasteita tehokkaassa kognitiivisessa prosessissa ja esittävät neljä prosessia tukevaa osa-aluetta: kognitiiviset toiminnot, visuaalisen esityksen, animaation ja nimeämisen. Tutkijat kehottavat minimoimaan ajatusprosessin vaiheiden määrän tukemalla rakentavaa ja itseohjautuvaa ajattelua. Käsitys havainnoista muodostetaan täydentämällä aiempaa tietämystä, yhdistämällä uudet asiat aiemmin opittuun sekä tarkkailemalla ja korjaamalla vääriä käsityksiä. Käyttäjää voidaan tukea itseohjautuvaan ajatteluun kehittämällä asettamaan oikeanlaisia kysymyksiä ja oletuksia sekä ohjaamalla luontaiseen visualisoinnin tutkimiseen. Sopiva ympäristö rohkaisee käyttäjää hyödyntämään aiempaa tietämystään ja tarkkailemaan ja testaamaan oletuksiaan. Vaihtoehtoisella esitystavalla voidaan lisätä todennäköisyyttä, että käyttäjä hyödyntää oikeaa aiempaa tietämystään. Tutkijat kehottavat kognitiivisten toimintojen tukemisen lisäksi maksimoimaan data–muste-suhteen suunnitelmalla esityksiä, jotka todennäköisimmin sitovat käyttäjän aktiiviseen informaation käsittelyyn. Jotta merkittävin informaatio olisi selkeimmin havaittavissa ja ymmärrettävissä, on valittava merkittävän datan syvään pohdiskeluun kannustava informaation esitystapa. Tärkeimmät muutokset on animoitava, jotta ne olisivat intuitiivisesti ja nopeasti ymmärrettävissä, varsinkin jos käyttäjän ajatuskyky ei muuten riitä muutoksen ymmärtämiseen. Staattisia tekstejä on käytettävä niiden edistäessä välitöntä yleiskuvaa, dynaamisia tekstejä syvemmissä datan tutkimisessa. (Hullman et al. 2011.)

### 4.3 Vuorovaikutus

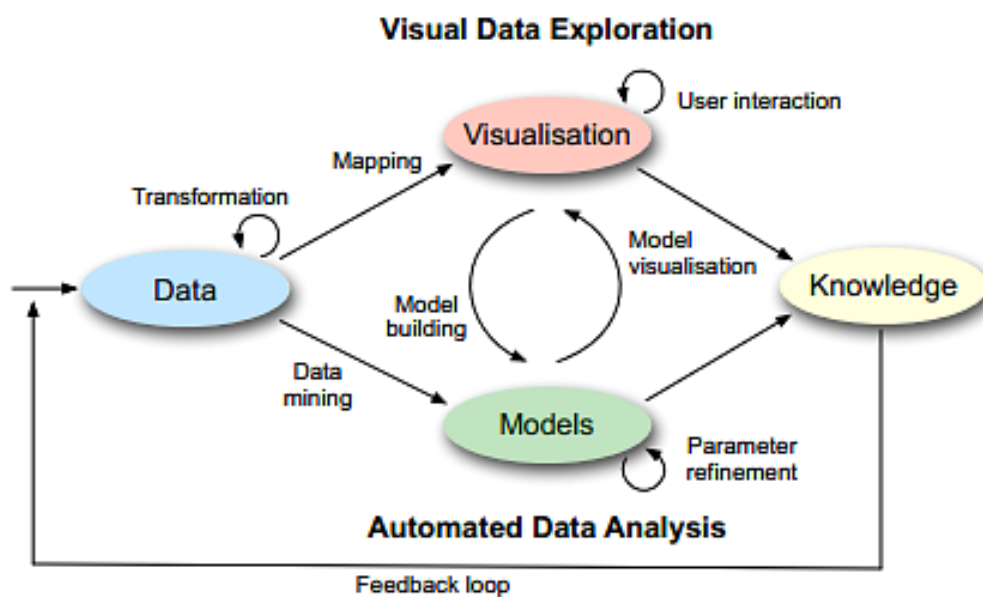
Vuorovaikutteisuus on yksi tärkeä tapa tukea välitetyn tiedon merkityksellistämisen prosessia. Monet tutkimukset ovat osoittaneet, että näkymän tarkoituksenmukainen vuorovaikutteisuus on merkittävää ymmärryksen muodostamisessa (esim. Hullman et al. 2011, s. 2213, Berg 2012, Heer et al. 2010), mutta myös vuorovaikutuksen vaaroja on esitetty (esim. van Wijk 2005, s. 83). Käyttäessään vuorovaikutteista visualisointia käyttäjä muodostaa käsitystään suunnittelijan visualisoinnille antamasta merkityksestä (Kuva 5, s. 15). Käyttäjä tekee päätelmiä eri ulottuvuuksien yhteyksistä tarkkailemalla toimintansa seurauksia (Berg 2012). Käyttäjälle on esitettävä vain ne asiat, joita tämä kyseisellä hetkellä tarvitsee – ei enempää eikä vähempää (Keinonen 1998). Vuorovaikutteisuudella voidaan siis estää kognitiivista kuormitusta (Hullman et al. 2011).

Käyttöliittymäsuunnittelussa on seurattava keskeisimmän käyttäjäryhmän käsitteitä (vrt. Cooper et al. 2007, s. 105). Fyysinen vuorovaikutus järjestelmän kanssa tuntuu käyttäjältä luonnolliselta, joten käyttäjille on tarjottava suoraa käsittelyä (engl. direct manipulation) ja graafisia valitsimia (vrt. Nielsen 1994a, s. 153; Cooper et al. 2007, s. 570). Ben Shneiderman (1997) on esittänyt suoran käsittelyn käyttöliittymän suunnittelumallin. Malli sisältää kolme osa-alueita: käyttöliittymäkomponenttien visuaalisen esityksen, näkyvän ja eleisiin perustuvan vuorovaikutuksen niihin sekä välittömän tulosten esittämisen. Suoraan vuorovaikuttava käyttöliittymä on kokonaisvaltainen, ennustettava ja hallittava, jolloin käyttäjä kokee saavuttamista ja vastuullisuutta sekä tuntee hallitsevansa järjestelmää (Shneiderman 1997). Visualisoinneissa voi soveltaa suoran käsittelyn mallia esimerkiksi antamalla lisäinformaatiota elementeistä niitä osoitettaessa ja järjestämällä elementtejä tai niiden muodostamia kokonaisuuksia niitä raahattaessa.

Visuaalinen analytiikka on asioiden merkityksellistämistä vuorovaikutteisella visuaalisella käyttöliittymällä (Chabot 2009, s. 86). Visuaalisen analytiikan tavoitteena on merkityksellistämisen prosessin tukeminen ohjelmalla, joka maksimoi käyttäjän kyvyn havaita, ymmärtää ja merkityksellistää monimutkaisia ja dynaamisia datajoukkoja ja tilanteita (Thomas & Cook 2005, s. 63). Heer ja Shneiderman (2012) kuvaavat visuaalisen analytiikan vuorovaikutteiseksi prosessiksi, joka sisältää näkymän luomisen, tutkimisen ja informaation jalostamisen (engl. refinement). Visuaalinen analytiikka yhdistää automaattisen ja visuaalisen analyysin menetelmät, joissa tavoitteena on jalostaa tietämystä datasta (Vismaster 2010, s. 10). Visuaalisella analytiikalla nähdään ja ymmärretään uusia visuaalisia ajatusmalleja sekä suuren ja monimutkaisen datan sekä löydetään ja oivalletaan aiemmin näkymätöntä (Chabot 2009, s. 84).

Kuva 9 esittää visuaalisen analytiikan prosessin vaiheet ja niiden väliset siirtymät. Data voidaan ennen sen visualisointia kerätä eri lähteistä, puhdistaa, normalisoida ja

ryhmitellä. Sen jälkeen edetään ensin joko järjestelmän automaattiseen tai käyttäjän visuaaliseen analyysiin. Automaattisessa analyysissä datan louhinnalla (data mining, kuva 9) rakennetaan malli alkuperäisestä datasta. Visuaalisessa analyysissä käyttäjä pyrkii vahvistamaan oletuksiaan visualisoinnin käyttöliittymällä valitsemalla esitysparametrit ja rakentamalla mallin. Automaattisesti luotua mallia voidaan muokata visualisoinnin käyttöliittymällä joko esitysparametreja vaihtamalla (parameter refinement, kuva 9) tai muilla toiminnoilla. Automaattisen ja visuaalisen analysoinnin menetelmien vaihtaminen aiheuttaa jatkuvaa järjestelmän tulosten uudelleenmäärittämistä ja -arviointia. Väliaskelissa vaarana ovat harhaanjohtavat tulokset. (Vismaster 2010.)



Kuva 9: Visuaalisen analytiikan prosessin vaiheet ja niiden väliset siirtymät (Vismaster 2010, s. 10)

Vuorovaikutteisuuden suunnittelu ei saa perustua arveluihin, sen sijaan käyttäjän tavoitteisiin perustuva vuorovaikutus kuvastaa luotettavammin käyttäjän käsitelmää (Cooper et al. 2007, s. 569). Käyttäjä pyrkii tavoitteisiinsa visuaalisella analytiikalla. Heer ja Shneiderman (2012) esittävät kolme visuaalisen analytiikan tukemisen osa-aluetta: datan ja näkymän määrittämisen, näkymän käsittelyn sekä analysoinnin tukemisen. Datan ja näkymän määrittämis-osa-alueessa autetaan käyttäjää valitsemaan datasta merkityksellinen osajoukko ja visualisoimaan se tehokkaasti (vrt. Heer & Shneiderman 2012). Näkymän käsittelyn ja analysoinnin tukemisen osa-alueisiin liittyy seitsemän Ben Shneidermanin mainitsemaa käyttäjän toimintaa (vrt. Heer & Shneiderman 2012; Shneiderman 1996): yleiskatsaus, zoomaus, suodatus, lisäinformaation haku (engl. Details-on-demand), vertailu, historian haku ja purkaminen (engl. extract). Neljä ensimmäistä kuvaavat suoraan haun mantran käyttäjän osatavoitteita, kolme viimeistä visuaa-

lisen analytiikan analysoinnin tukemisen osa-aluetta (vrt. Shneiderman 1996; Heer & Shneiderman 2012). Informaation haun mantrassaan Shneiderman (1996) kuvaa käyttäjän peräkkäisiksi toiminnoiksi vuorovaikutteisessa visualisoinnissa yleiskatsauksen, zoomauksen, suodatuksen ja lisäinformaation haun.

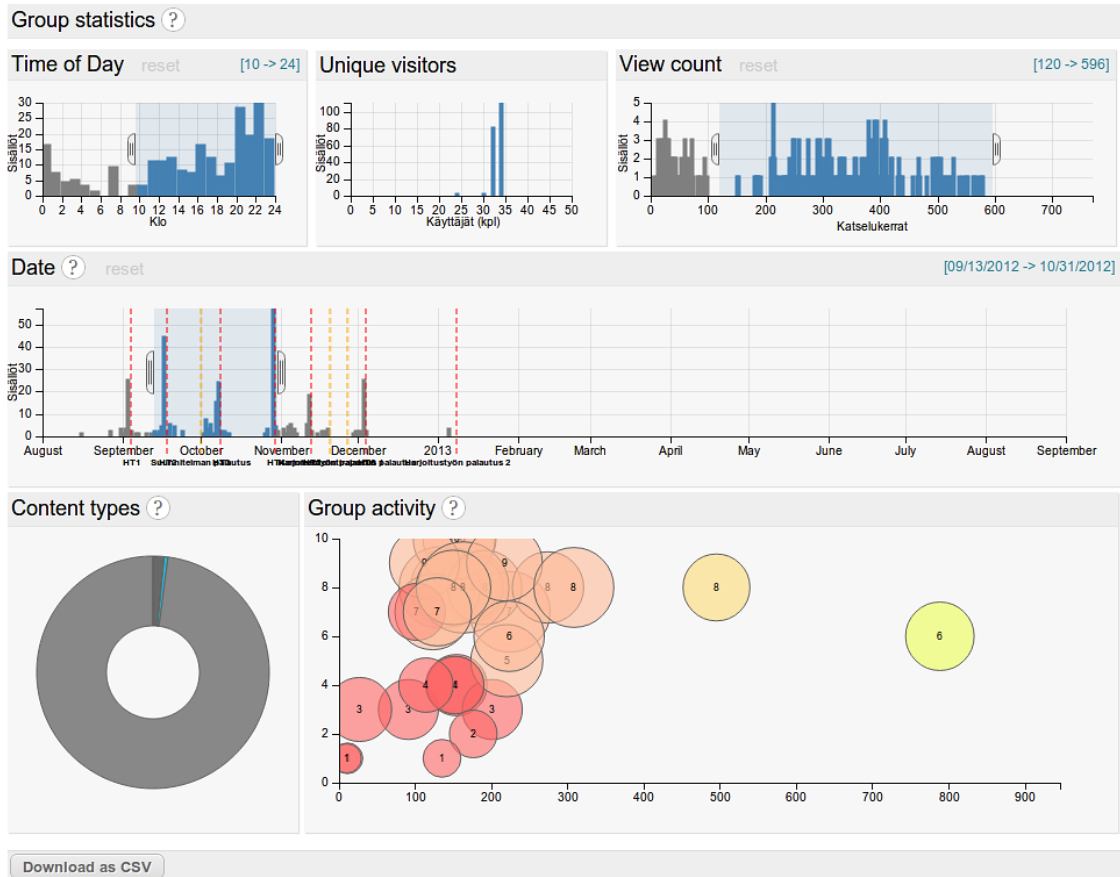
Visualisoinnin yleisnäkyvä on rakennettu joko järjestelmän automaattisella tai käyttäjän visuaalisella analyysillä (vrt. Shneiderman 1996; Vismaster 2010). Yleisnäkyvä esittää kuvattavien kohteiden suhteet ja rajoitetun määrän kohteiden ominaisuuksia. Esitettävien asioiden määrä voi riippua päätelaitteen rajoituksista tai käyttäjän havaintojärjestelmän ominaispiirteistä ja kognitiivisesta käsittelykyvystä. Näkymän informaatiota on rajoitettu avaruudellisilla rajoituksilla ja merkeillä sekä niiden graafisilla ominaisuuksilla (visuaalisilla vihjeillä, kts. Kuva 7, s. 20). Tietynlaiseen dataan sopivat tietynlaiset graafiset kuvaustyylit, kuten jatkuville arvoille sijainti koordinaatistossa ja epäjatkuville arvoille merkit. (Carr 1999, s. 2.) Paikallisen naapuruston arvot pitäisi aina olla näkyvissä (Tory & Möller 2004, s. 75).

Visuaalista analyysia voidaan tukea järjestämällä elementit automaattisesti ja tarjoamalla toimintoja niiden järjestämiseen. Tarkoituksenmukaisesti järjestetystä datajoukosta säännönmukaisuudet ja poikkeamat ovat helpommin havaittavissa. Lisäksi visualisoidun datan lähtöarvot tulisi olla saatavilla, jotta tulkinta visuaalisen esityksen merkityksestä voitaisiin varmistaa ja esitys voitaisiin ymmärtää paremmin. (Vrt. Heer & Shneiderman 2012.)

Zoomaus voi yhdistää suodatuksen ja informaation tiivistyksen. Käyttäjillä voi olla kaksi tavoitetta zoomaamisella: datan osajoukkoon keskittyminen tai lisätiedon saaminen osajoukosta. Suodatus on toimenpiteenä kuten zoomaus, mutta sen sijaan että datan kohdejoukkoa korostetaan tai muuta dataa häivytetään, muu datajoukko piilotetaan ominaisuuksien perusteella. Suodatuksen voi toteuttaa dynaamisilla valitsimilla, kuten liukuvalitsimilla ja painikkeilla. (Vrt. Carr 1999, s. 2; Heer & Shneiderman 2012.)

Visuaalisen analytiikan Näkymän käsittely -osa-alueen toiminnoilla selvitetään visualisoidun datajoukon merkitystä. Neljäksi toiminnoksi on nimetty valinta, navigointi, koordinointi ja järjestely (engl. select, navigate, coordinate, organize). Heer ja Shneiderman (2012) kehottavat tehostamaan visuaalista analyysia antamalla, valinnan toimintoina, käyttäjän korostaa elementtejä sekä suodattaa ja muokkaa niitä. Näkymää tulisi lisäksi voida tarkentaa yksityiskohtiin tai vastaavasti piilottaa yksityiskohdat esittäen yleisnäkyvä datasta. Navigointijärjestys voi informaatioavaruudessa olla Shneidermanin mantran mukaisesti yleiskuvasta siirtyminen yksityiskohtiin tai tietystä osa-alueesta saadun ymmärryksen laajentaminen datan kokonaisuuteen. Monimutkaista sisältöä voi olla hyödyllistä käsitellä erilaisilla työkaluilla useammassa eri ikkunassa. Erillisiä näkymiä pitäisi voida vertailla ja niiden järjestystä vaihtaa. Näkymien tulisi lisäksi olla keskenään synkronoituja eli yhdessä näkymässä arvoja käsiteltäessä muutosten tulisi näkyä myös muissa näkymissä (kts. Kuva 10). Erillisissä näkymissä samat arvot olisi esitettä-

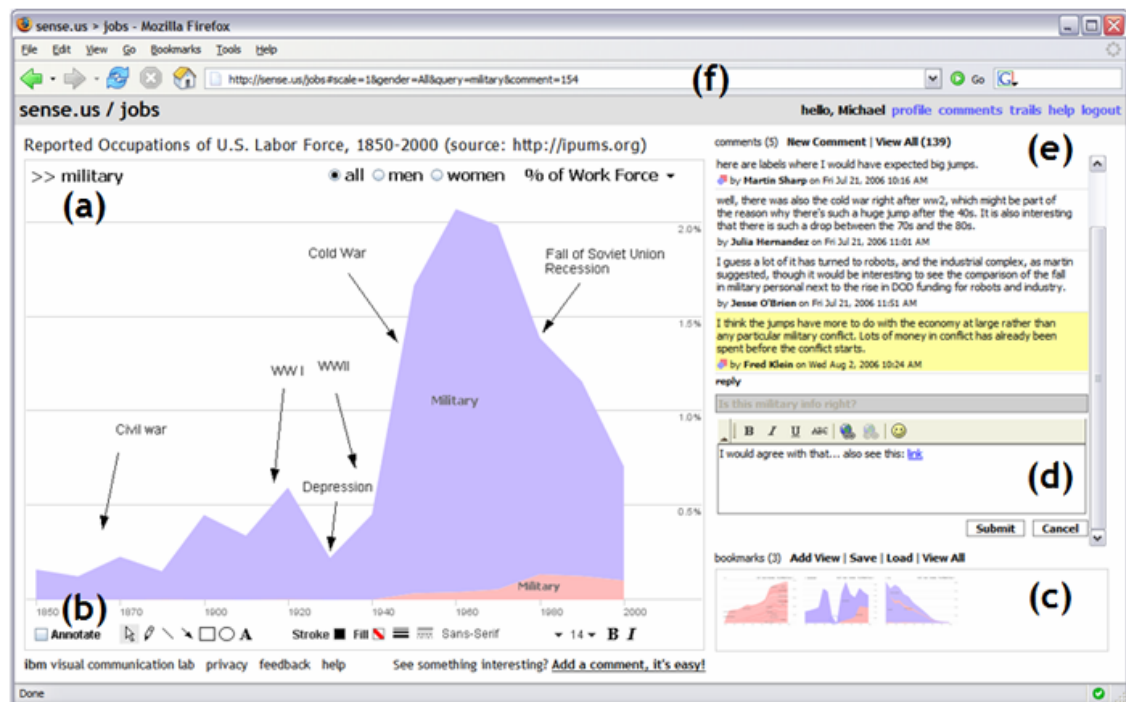
vä samalla arvoasteikolla, jotta arvojen korrelaatio olisi selvästi havaittavissa. (Vrt. Shneiderman 1996; Heer & Shneiderman 2012; Carr 1999.)



Kuva 10: Visualisointijärjestelmän keskenään synkronoidut visualisoinnit (tai näkymät). Rajattaessa dataa yhdessä visualisoinnissa myös muut päivittyvät. Visualisoinnit kuvastavat opiskelijoiden aktiivisuutta sosiaalisessa verkko-oppimisympäristössä luetun ja lisätyn sisällön perusteella. Visualisoitu data on myös ladattavissa tarkempaa tarkastelua varten. Visualisointijärjestelmän alle listataan näkymissä rajattu sisältö. (TTY-Piiri.)

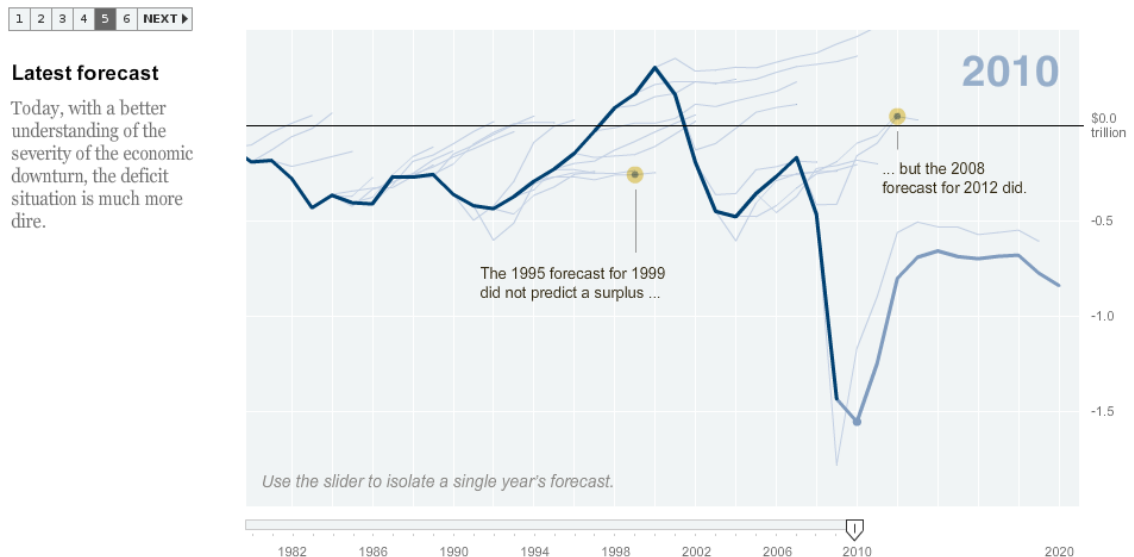
Mitä suurempi datajoukko on kyseessä, sitä enemmän usein tarvitaan informaation haun tehtäviä tukevaa vuorovaikutusta, jotta suuren informaatimäärän ymmärtäminen olisi mahdollista. Lisäinformaatio täytyy olla nopeasti löydettävissä ja ohjeistus heti saatavilla. Esitettyä dataa on pystyttävä suodattamaan käyttöliittymän toiminnoilla ja samalla on säilytettävä yhteys kokonaisuuteen (Carr 1999, s. 1). Heer ja Shneiderman (2012, s. 49–50) esittävät keinoiksi tarkennus-plus-konteksti -menetelmän (engl. focus-plus-context), erillisen yleisnäkymän ja lisätietonäkymän (engl. overview and detail) sekä erilaiset vääristävät (engl. distortion) tekniikat. Kaikissa menetelmissä tarkoituksena on antaa lisätietoa kyseisellä hetkellä merkittävästä informaatiosta tai korostaa sitä ja

samalla säilyttää yhteys kokonaisuuteen. Tarkennus-plus-konteksti -menetelmässä samassa näkymässä esitetään sekä lisätieto että konteksti ja helpotetaan näin analyysia. Lisätieto ja konteksti voidaan esittää myös eri näkymissä. Vääristävillä tekniikoilla korostetaan kohdetta ja/tai vääristetään kontekstia. Laajassa ja monipuolisessa visualisointijärjestelmässä, jossa käsitellään suurta joukkoa moniulotteista dataa, toimintojen historia ja erilliset näkymät ovat usein hyödyllisiä. Koska informaation tutkimisen prosessi on usein monivaiheinen, vaiheiden jäljittäminen voi olla tarpeellista (Heer & Shneiderman 2012). Säilytetyllä toimintahistorialla käyttäjä voi palata edellisiin vaiheisiin ja toistaa toimintoja eri syötearvoilla. Vaikeaselkoisen datan analysointia voi helpottaa myös keskenään synkronoidut erilliset näkymät (kts. Kuva 10). Ne mahdollistavat usein data-alkioiden vertailun ja tutkimisen eri näkökulmista (Heer & Shneiderman 2012). Valittaessa tietty elementti tai osoittamalla elementtiä yhdessä näkymässä, vastaavaa elementtiä tai siihen liittyvää dataa voidaan korostaa toisessa, eri näkökulmasta dataa esittävässä näkymässä (Heer & Shneiderman 2012). Suuren datajoukon tulkintaa voidaan tukea lisäksi tarjoamalla käyttäjille yhteisöllisen graafisten huomautusten lisäämisen, visualisointijärjestelmän tietyn näkymän tallentamisen ja jakamisen sekä keskustelun toiminnallisuudet (kts. Kuva 11).



Kuva 11: Datajoukon ja visualisoinnin merkityksellistämisen yhteisölliset toiminnot. (a) Vuorovaikutteinen visualisointi. (b) Graafisten ja tekstuaalisten huomautusten lisäämisen työkalut. (c) Kirjanmerkeiksi tallennetut näkymät. (d) Kommentointikenttä, johon voidaan lisätä myös kirjanmerkki. (e) Näkymän kommentit. (f) Näkymän osoitepolku. (Heer et al. 2007.)

Nykyaikaisessa visualisoinnin suunnittelijassa yhdistyy tietokonetieteen, tilastotieteen, muotoilun ja tarinakerronnan taidot (Cukier 2010). Segel ja Heer (2010) korostavat tarinakerronnan merkitystä yhtenä keskustelevalle visualisoinnin osatekijänä. Visualisoinneilla on jo kauan tuettu varsinaisen tekstin tarinakerrontaa, tarinakerronnallinen visualisointi sen sijaan itse kertoo tarinan (Segel & Heer 2010). Tällöin, lisäämällä tarinakerronnallista kuvitusta ja huomautuksia (engl. annotations) varsinaiseen visuaaliseen esitykseen, informaation visualisointi lähenee infografiikkaa ja on eräänlainen hybridi yhdistämällä infografiikan ainutlaatuisuuden ja visualisoinnin algoritmisuuden. Visualisoinnin tarinakerronnallisilla rakenteilla voidaan osoittaa datasta tehtyjä merkittäviä huomioita ja ohjeistaa käyttämään visualisoinnin vuorovaikuttaisia elementtejä (Heer & Shneiderman 2012). Kuvassa 12 on ohjattu ja ohjeistettu käyttäjän visuaalista analyysia tarinakerronnalla sekä graafisilla ja tekstuaalisilla huomautuksilla.



*Kuva 12: Tarinakerronnallinen visualisointi The New York Times -sanomalehden verkkosivuilla (The New York Times). Käyttäjän visuaalista analyysia on ohjattu ja ohjeistettu animaatiolla ja tarinakerronnalla sekä graafisilla ja tekstuaalisilla huomautuksilla.*

Van Wijk (2005, s. 83) esittää vuorovaikuttaisen visualisoinnin vaaroiksi väärintulkinnot ja pitkän uudelleenlaskenta-ajan. Visualisointijärjestelmä voi aiheuttaa väärintulkintoja, jos käyttäjän annetaan liian vapaasti muokkaa datajoukkoa tai esityksen asteikkoa. Asettaessaan epäsovivat arvot käyttäjälle ei välity tarpeeksi oikeisiin tulkintoihin tarvittavaa informaatiota. Suunnittelijan tulisi mahdollisuuksien mukaan valita sopivat oletusarvot tai järjestelmän tulisi automaattisesti päätellä datajoukosta sopivat esitysparametrit, jotta visualisointi välittäisi mahdollisimman paljon tietoa. (van Wijk 2005, s. 83.)



Osatehtävien suorittamisessa ja kokonaistavoitteen näkökulmasta niiden välillä vaarana on keskittymiskyvyn häiriintyminen. Keskeytykset voivat poistaa tietoa lyhytaikaisesta muistista, jolloin käyttäjä joutuu palauttamaan asiat muistiin ennen tehtävän jatkamista. Koska erilaiset häiriötekijät ja keskeytykset hankaloittavat sujuvaa käyttökokeusta, suunnittelun toimintamalleilla olisi tuettava käyttäjää säilyttämään keskittymiskykynsä. Keskittymiskykynsä säilyttävät käyttäjät etenevät sujuvasti tehtävien polkua pitkin kohti lopullista tavoitettaan ja tyytyväistä käyttökokeusta (Shneiderman & Bederson 2005, s. 3). Sen sijaan turhautuneiden, väsyneiden ja virheitä kohdanneiden käyttäjien päättelykyky on heikko (Shneiderman & Bederson 2005, s. 3). Tehtävissään hyvin suoriutuneiden käyttäjien on todettu aliarvioivan tehtävien suoritusajan, mikä viittaa tyytyväisyyteen ja flow-tilaan (vrt. Czerwinski et al. 2001; Shneiderman & Bederson 2005). flow-kokemuksen eli virtauskokemuksen piirteitä ovat täydellinen keskittyminen, ajantajun ja tietoisuuden itsestä katoaminen, taitojen ja haasteiden yhteensopivuus sekä toiminnan ja palautteen rytmittyminen (Sinkkonen et al. 2006). Flow-tila syntyy usein tilanteessa, jossa ihminen kamppailee taitotasonsa äärirajoilla ja mielekkäältä tuntuvan tehtävän parissa (Sinkkonen et al. 2006).

Shneiderman ja Bederson (2005) ehdottavat kolmea keskittymiskyvyn säilyttämisen toimintamallia: lyhytaikaisen muistin ja työmuistin kuorman vähentämisen, informatiivisen käyttöliittymän tarjoamisen ja automaation lisäämisen. Vähentämällä muistin kuormitusta tehokkaalla näkymäsuunnittelulla käyttäjälle voidaan tarjota nopeasti päätöksentekoon tarvittava informaatio. Johdonmukaiset elementtien sijoittelut, ryhmittelyt, värit, nimeämiset ja peräkkäiset toiminnot nopeuttavat päätöksiä ja estävät häiriötekijöiden vaikutusta. Automaatiota voidaan lisätä tarjoamalla tehokäyttäjille erikoistoimintoja, kuten pikanäppäimiä ja mahdollisuuden tehdä makroja. (Shneiderman & Bederson 2005, s. 5.)

Käyttäjän keskittymiskyky voi vaihdella käyttötilanteen, tehtävän ja yksilön ominaisuuksien mukaan. Metsämäki (1995, s. 17) arvelee, että ihminen saattaa reagoida ympäristöönsä enemmän alitajuisesti kuin tietoisesti. Keskittymiskyvyn säilyttämisen toimintamallien lisäksi muun muassa elementtien sijoittelulla voidaan estää häiriöitä. Tarkoituksettomasti sijoitetut ja ryhmitellyt elementit hankaloittavat sujuvaa tehtävien suorittamista. Näkymän tasapaino muodostuu tummuus- ja symbolitasapainosta. Sommittelulla voidaan lisätä käyttäjän motivaatiota ja tuotteen käytettävyyttä. Epätasapaino voi aiheuttaa visuaalisia jännitteitä ja suuri määrä muotoja häiritsee näkymän tulkittamista (esim. Metsämäki 1995, s. 17–19 & 26). Fittsin lain mukaan (esim. MacKenzie & Buxton 1992): Mitä suurempi ja mitä lähempänä osoitettava kohde kursoria on, sitä helpommin ja nopeammin käyttäjä siihen osuu. Elementtien sijainnit kuvaavat lisäksi niiden keskinäistä suhdetta. Mitä useampaan elementtiin käyttäjän täytyy kiinnittää huomionsa ennen tehtävän kannalta oleellisen elementin havaitsemista, sitä todennäköisemmin tehtävän suorittamiseen tarvittava aiempi tieto voi unohtua.

Visualisointijärjestelmän käyttäjän tulisi aina olla selvillä toimintansa syy-seuraussuhteista (vrt. Nakakoji et al. 2001). Esityksen muutosta tilasta toiseen voidaan kuvata animaatiolla (esim. Heer & Robertson 2007; Shneiderman 1996), mikä ei pelkästään helpota tilojen muutoksen vaan myös koko datajoukon ymmärtämistä. Animaatiolla voidaan säilyttää käyttäjän ymmärrys asiayhteyteen näkymän muuttuessa (Hullman et al. 2011, s. 2215). Lisäksi sulavalla animaatiolla on esteettisesti miellyttäviä piirteitä, mikä omalta osaltaan voi johtaa luovaan ajatteluun (vrt. Heer & Robertson 2007; Ashby et al. 1999) ja edelleen visualisoinnin kokonaisvaltaiseen ymmärtämiseen. Koska ihminen havaitsee animaation myös näkökentän ääreisalueella (Heer & Robertson 2007), animaatiolla voidaan siirtää tehokkaasti katsojan huomio näkökentän reunalla tapahtuvaan muutokseen. Jotkut datajoukot ovat parhaiten esitettävissä animaationa (Cukier 2010). Luonnollisesti tällaisessa datajoukossa on yleensä aikainformaatio, jolloin muutokset on animoitu ajan suhteen (kts. esim. <http://www.gapminder.org/>).

Järjestelmän on tuettava käyttäjän ajattelua tunnistettavuudella, vakaudella ja jatkuvuudella. Tärkeimpiin tehtäviin liittyvät toiminnot täytyy olla helposti saatavilla ja tehtävään kuulumaton sisältö on piilotettava tai häivyttävä. (Hornbæk & Frøkjær 2002.)

#### 4.4 Suunnittelun yhteenveto

Laadukkaiden informaation visualisointien suunnittelussa on usein kyse luovista tapauskohtaisista ratkaisuista. Vain harvoin säännönmukaiset, suoraan datan luonteeseen perustuvat visualisointitekniikat ovat parhaita mahdollisia. Yleiset visualisoinnin ja käyttöliittymän suunnittelun ohjenuorat ja laadukkuuden kriteerit ovat hyödyllisiä, mutta niitä voi olla vaikea sovittaa tapauskohtaiseen käyttökontekstiin. Rutiininomaisesti visuaalisoinnilla voidaan nopeasti pyrkiä selvittämään informaation merkitystä ja luonnetta, mikä voi auttaa löytämään sopivan lopullisen visualisoinnin (vrt. van Wijk 2005, s. 81; Steele & Iliinsky 2001, s. 7).

Visuaalisen esityksen vahvuuksia on tutkittu paljon havainnoinnin ja ajattelun tukemisen näkökulmista (esim. Steele & Iliinsky 2011; Ware 2004; Berg 2012). Visualisoinnilla voidaan laajentaa ihmisen ajattelua lisäämällä ”kaistanleveyttä” ja esittää asioita selkeästi luomalla yhteyksiä visuaalisen havainnoinnin ominaispiirteiden ja kuvattavan asian välille (vrt. Steele & Iliinsky 2011; Ware 2004; Carr 1999). Hyvin toteutettuna informaation visualisointi vähentää monitulkinnallisuutta, huonosti toteutettuna lisää sitä ja johtaa käyttäjän harhaan. Tehokkaan informaation esittämisen kannalta tärkeää on pelkistetty ja yksiselitteinen visualisointi, visualisoinnin merkityksen ymmärtämisen kannalta kohdealuetta kuvaava lisätty koristeellisuus. Visualisoinnin informaation esitystapa ja vuorovaikutteisuus on sidottava käyttäjän ymmärtämään asiansuhteen ja asioita on kuvattava tarkoituksenmukaisen tehokkailla visuaalisilla vihjeillä.

Visualisoinnin heikkoudet liittyvät usein väriin suunnitteluratkaisuihin, sillä kuilu visualisoinnin suunnittelijan olettamien ja käyttäjien todellisten tavoitteiden välillä aiheuttaa väriiden asioiden esittämistä ja korostamista (Amar & Stasko 2004). Kuilua voidaan osittain kaventaa siten, ettei rajata visualisoinnissa esitettävää informaatiota oletusten perusteella, vaan esitetään kaikki merkitsevä informaatio ja annetaan käyttäjän itse rajata informaatiota tavoitteidensa mukaisesti. Sisällön automaattinen rajaaminen voi estää tärkeän informaation välittymisen esityksestä ja siten estää merkittäviä oivalluksia. Liian vapaa datan käsittely ja esitysparametrien valinta sen sijaan voi aiheuttaa väärintulkintoja (van Wijk 2005, s. 83). Liian monipuolinen toimintotarjonta helposti hämmentää käyttäjää eikä tämä osaa käyttää toimintoja tehokkaasti. Toimintojen valtaavan määrän tarjoamisen sijasta tulisi keskittyä ennemminkin tukemaan mahdollisimman tehokkaasti käyttäjän ajatusprosessia. (Hullman et al. 2011, s. 2213.) Kehittynyt tekniikka sekä visualisoinnin ja ihmisen välisen vuorovaikutuksen tutkimus ovat hyödyllisiä visuaalisen analytiikan toimintojen suunnittelussa.

## 5 ARVIOINTI

Informaation visualisoinnin laadukkuutta voidaan arvioida osittain samoilla kriteereillä kuin verkkopalvelua, sillä verkkopalvelun tavoin myös nykyajan informaation visualisoinnilla on usein käyttöliittymä, jonka toiminnoilla käyttäjä suorittaa osatavoitteitaan (vrt. Shneiderman 1996). Laadukas informaation visualisointi voidaan olettaa löytyvän suunnittelijan ja käyttäjän tavoitteiden leikkauspisteestä sekä tavoitteita tukevasta mahdollisimman informatiivisesta, yksiselitteisestä, tehokkaasta ja vaikuttavasta visualisointijärjestelmästä (vrt. Steele & Iliinsky 2011; van Wijk 2005).

Visualisointia voidaan arvioida sen elinkaaren kaikissa vaiheissa. Laadukkuuden arviointi on hyödyllistä visualisoinnin valmistuttua, mutta jo suunnitteluvaiheessa voidaan hyödyntää erilaisia käyttäjätestejä ja -kyselyjä, prototyyppisiä tai hyvän visualisoinnin ominaisuuksien listauksia.

Vaikka visualisointien voidaan sanoa jo saavuttaneen aikuisiän, vieläkään ei ole löydetty yleispätevää määritelmää hyvälle visualisoinnille (van Wijk 2005, s. 79). Laadukkaan visualisoinnin ominaisuuksista tarvitaan yhä lisää tutkimusta. Datan ja teknologian näkökulmasta suuri merkitys on visualisoinnin tehokkuudella ja vaikuttavuudella (van Wijk 2005, s. 79), suunnittelijan näkökulmasta käyttäjän tuntemisella suunnitteluprosessin aikana (vrt. Berg 2012, s. 9; Heer et al. 2010, s. 59).

Koska käytettävyytutkimuksien menetelmiä on hyvin paljon, niitä on jotenkin voitava vertailla, jotta niistä olisi valittavissa tarkoitukseen sopivimmat (Kosonen et al. 2005). Käytettävyytutkimuksen menetelmät eroavat muun muassa löytyvien ongelmien määrässä ja laadussa, käyttökohteiltaan, tarvittavilta resursseiltaan ja arviointiin osallistuvilta henkilöiltä (Jeffries et al. 1991, s. 123). Kattava ja laadukas tulos on harvoin saatavissa yhdellä parhaaksi arvioidulla menetelmällä, vaan on valittava kattava joukko eri menetelmiä.

### 5.1 Heuristinen arviointi

Heuristiikat ovat asiantuntija-arvioinnin tarkistuslistoja, jotka auttavat löytämään arviointikohteen keskeisiä ongelmakohtia. Heuristinen arviointi on luokiteltu käytettävyysskatsemoinnin (vapaa suomennos, engl. usability inspection) epämuodollisiin menetelmiin (Nielsen 1992). Heuristisessa arvioinnissa tuotteen käytettävyyttä arvioi asiantuntija, toisessa käytettävyyden arvioinnin menetelmässä, käytettävyyden testauksessa, käyttäjät. ISO-9241 -standardi (ISO 9241-11) määrittelee käytettävyyden kuvaavan, ”miten tehokkaasti, vaikuttavasti ja tyytyväisesti tietyt käyttäjät pystyvät suorittamaan tietyt tehtävät käyttämälläan laitteella tietyssä ympäristössä”. Käytettävyyden osatekijöiksi Nielsen (1993) esittää opittavuuden, tehokkuuden, muistettavuuden, virheettömyyden ja käyttäjän henkilökohtaisen miellyttävyyden kokemuksen. Listaus kuvaa tuot-

teen toiminnallisuuksien laadukkuustekijöitä, joita voidaan arvioida käyttäjätesteillä. Heuristiikalla arvioidaan tuotteen ominaisuuksien laadukkuustekijöitä, jotka tukevat käytettävyyden osatekijöitä. Muita käytettävyysskatelmoiminnin menetelmiä ovat kognitiivinen läpikäynti, ohjeanalyysi (engl. guideline review), ryhmäläpikäynti (engl. pluralistic walkthrough), johdonmukaisuusanalyysi (engl. consistency analysis), standardinmukaisuuskatelmointi, formaali katelmointi ja ominaisuuskatelmointi (engl. feature inspection) (Nielsen 1994b). Muita asiantuntija-arviointeja ovat asiantuntijakatelmus (engl. expert review), asiantuntijaläpikäynti, heuristinen läpikäynti, suositusten käyttö, suosituslistan läpikäynti, kognitiivinen läpikäynti (Korvenranta 2005, s. 112). Lisäksi asiantuntija-arvioinnissa voidaan käyttää erilaisia tarkistuslistoja ja kriteeristöjä.

Heuristinen arviointi on suosittu ja tunnettu menetelmä tietokoneen ja ihmisen välistä vuorovaikutusta (HCI) tutkittaessa (Forsell & Johansson 2010). Menetelmä on helppo oppia ja toteuttaa, sitä voidaan muokata arviointikohteeseen paremmin sopivaksi, sitä voidaan käyttää tuotannon kaikissa vaiheissa ja se vaatii vain vähän aikaa ja muita resursseja (Forsell & Johansson 2010). Heuristisen arvioinnin vahvuutena on sen käytön tehokkuuden lisäksi harvoin ilmenevien virheiden löytyminen, koska arvioijana usein on käytettävyyden ammattilainen (Korvenranta 2005). Heuristisella arvioinnilla on hyvä kustannustehokkuus eli sillä voidaan löytää paljon merkittäviä käytettävyyssongelmia pienin kustannuksin (Jeffries et al. 1991, s. 123; Kosonen 2005). Heuristiikoilla voidaan arvioida käytettävyyttä usein huomattavasti edullisemmin kuin esimerkiksi käytettävyyssosteilla (engl. usability testing), ohjenuorilla (engl. guidelines) tai kognitiivisella läpikäynnillä (engl. cognitive walkthrough) (vrt. Jeffries et al. 1991, s. 123).

Jokainen yksittäinen heuristinen sääntö on ennemminkin kuvaus säännön luonnosta kuin suoraviivainen ohjenuora (Nielsen 1995). Vaikka heuristinen arviointi on alkuaan kehitetty käytettävyyden asiantuntijoille, joilla on hyvä ymmärrys käytettävyyden periaatteista, arvioijan ei välttämättä aina tarvitse olla käytettävyyden asiantuntija. Arvioijalla täytyisi silti olla käytettävyystuntemusta (Jeffries et al. 1991, s. 123) ja mielellään ymmärrystä kohdealueesta. Heuristisessa asiantuntija-arvioinnissa arvioijana on parhaassa tapauksessa kohdealueen tunteva käytettävyyden ammattilainen eli kahden alan asiantuntija (engl. double expert). Kohdealueen tunteva käytettävyyden ammattilainen on toisinaan vaikea löytää ja sellaisen käyttäminen voi olla kallista. (Nielsen 1992, s. 373.)

Heuristiseen asiantuntija-arviointiin kootaan arviointikriteerejä yleensä useasta kohdealueeseen soveltuvasta heuristiikasta (esim. Zuk 2006; Nielsen 1994a). Monet verkkopalvelun käytettävyyden, saavutettavuuden, havainnoinnin ja ajatteluprosessin tehokkuuden arviointiin kootut heuristiikat soveltuvat myös osaksi informaation visualisoinnin laadukkuuden kriteeristöä. Informaation visualisoinnin laadukkuuden arvioinnin tueksi on esitetty useita heuristiikkoja, mutta yksimielisyyteen ei ole päästy siitä, mitkä

niistä ovat kattavimpia, hyödyllisimpiä ja luotettavimpia osoittamaan arviointikohteen ongelmakohtia (Forsell & Johansson 2010).

Informaation visualisoinnin laadukkuuden arvioinnin heuristiikan pitäisi olla mahdollisimman pieni ja kattava, helposti ymmärrettävä ja yleiskäyttöinen kriteerien joukko, joka soveltuu eri visualisointimenetelmiin ja -tekniikkoihin (Forsell & Johansson 2010, s. 199). Heuristiikan täytyisi selittää yleisimmät ja keskeisimmät informaation visualisoinnin käytettävyyden ongelmat (Forsell & Johansson 2010, s. 200) ja minimoida arvioijan vaikutusta (engl. evaluator effect). Ymmärrettävä heuristiikka estää mahdollisimman tehokkaasti arvioijan henkilökohtaisten mieltymysten, tulkintojen ja näkemysten vaikutusta arviointituloksiin. Arvioijan vaikutuksen vuoksi käytettävyyden asiantuntijat havaitsevat erilaisia ongelmia, vaikka kohde ja menetelmät olisivat samat (Perälä 2005). Arvioijan vaikutus voidaan esittää lukuarvolla, joka kuvaa yksittäisen arvioijan löytämien ongelmien määrää suhteessa kaikkien arvioijien löytämien ongelmien määrään (Nielsen 1992). Lukuarvoa voidaan nimittää havaitsemisasteeksi (engl. detection rate) tai kaikkien ongelmien keskiarvoksi (vrt. Hertzum & Jacobsen; Nielsen 1992). Mitä suurempi havaitsemisaste on, sitä vähäisempi on arvioijan vaikutus. Yleiskäyttöisyys tarkoittaa heuristiikan soveltuvuutta eri kohdealueisiin. Hyvän heuristiikan ominaisuudet kattava kriteeristö esittäisi yleisen mallin eri informaation visualisoinnin menetelmien hyödyllisyyden arvioimiseen, niiden vertailuun ja kattavuuden mittaamiseen (Forsell & Johansson 2010, s. 199).

## 5.2 Heuristisen arvioinnin kattavuus

Heuristiikkojen ja erilaisten tarkastuslistojen käyttö rajoittaa aina käyttäjän kokeman laadukkuuden arvioinnin kattavuutta. Tässä työssä esitettävillä laadukkuuden heuristisilla säännöillä ei voida suoraan arvioida visualisoinnin sopivuutta asiayhteyteen ja käyttäjän ja suunnittelijan julkilausumattomiin tavoitteisiin. Heuristiikalla ei voida myöskään arvioida visualisoinnin suunnittelijan ja käyttäjien käsitemallien yhtenevyyttä, ainoastaan jossain määrin yhtenevyyden todennäköisyyttä. Arviointi kattaa visualisoinnin laadukkuuden ainoastaan eri käyttäjien ja käyttökontekstien yhtenäisten piirteiden osalta. Heuristiseen arviointiin voidaan sisällyttää yleisiä ihmiskeskeisen suunnittelun näkökulmia, joissa keskitytään käyttäjien yhtenäisiin piirteisiin, mutta tapauskohtaisten käyttäjäryhmien piirteitä ei voida kriteereissä huomioida. Tarkasteltavana on siis ainoastaan monivahahtaisen loppukäyttäjäjoukon yksilöiden yhtenäiset piirteet. Heuristiikalla ei voida arvioida valitun visualisointimenetelmän soveltuvuutta esitettyyn, tapauskohtaiseen dataan ja asiayhteyteen, ainoastaan visualisointielementtien ja visualisoinnin käyttöliittymän yleistä laadukkuutta. Visualisointia suhteessa sen dataan ja asiayhteyteen sekä suunnittelijan ja loppukäyttäjien tapauskohtaisiin tavoitteisiin on arvioitava erikseen.

Asiantuntija-arvio ei yksinään riittää kohteen kattavaan arviointiin, sillä arvioija ei voi luotettavasti samaistua loppukäyttäjän asemaan. Tätä heikkoutta voidaan paikata arvioinneilla, joissa on mukana myös loppukäyttäjiä. Heuristisen arvioinnin heikkoutena on lisäksi arvioijan henkilökohtaisten mielipiteiden, mieltymysten ja näkemysten vaikutus arviointituloksiin. Arvioijan vaikutuksen merkitys vähenee mitä useampi asiantuntija kohdetta arvioi (Jeffries et al. 1991, s. 123). Nielsen (1992) on tilastollisesti arvioinut viiden noviisiarvioijan ryhmän löytävän 22 % käytettävyysoongelmista, vastaavan käytettävyyden asiantuntijaryhmän 41 % ja kahden alan asiantuntijaryhmän 60 %. Työssä laadittavassa heuristiikassa pyritään vähentämään asiantuntijan vaikutusta laatimalla kriteerit ja niitä tukevat kysymykset mahdollisimman yksiselitteisiksi. Asiantuntijavai-  
kutusta neuvotaan vähentämään myös kriteeristön ohjeistuksessa kehottamalla käyttämään useampia arvioijia.

## 6 LAADUKKUUDEN TEKIJÄT

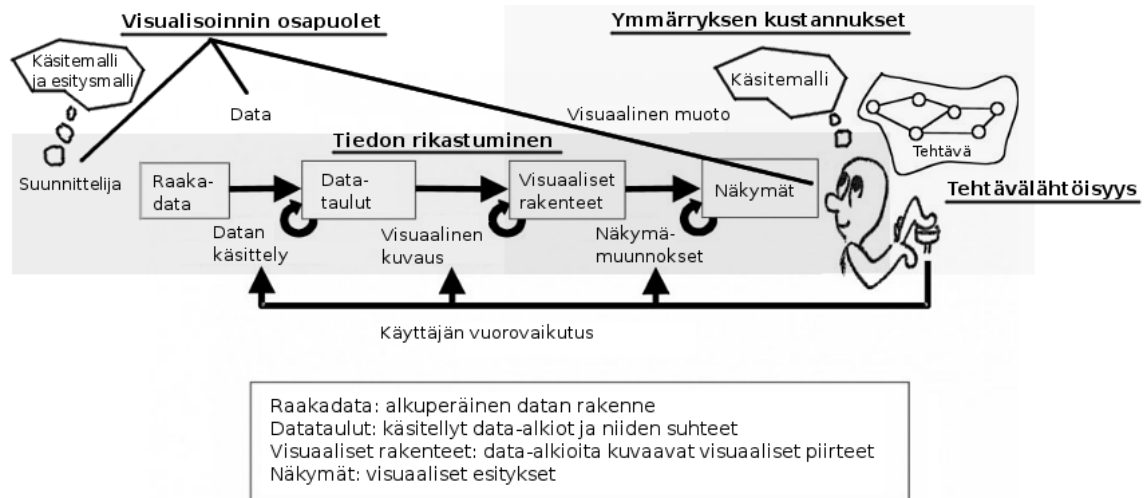
Tekniikan kehitys mahdollistaa entistä laadukkaammat ja monipuolisemmat informaation visualisoinnit. Ennen visualisoinnit olivat staattisia kuvia, joissa esitettiin kaikki mahdollinen informaatio kerralla. Nykyään voidaan toteuttaa vuorovaikutteisia visualisointijärjestelmiä, jotka esittävät vain kyseisellä hetkellä käyttäjän tarvitseman informaation, piilottavat muun. Ennen visualisoinnit olivat korostetusti tieteellisiä, nykyään sijaintitietoa, suhdeverkostoja, avainsanoja ja käyttäjien toiminnasta kerättyä lokitietoa esittäviä informaation visualisointeja. Aiemmin visualisoinneilla oli rajoittuneempi käyttäjäjoukko kuin verkon yleistyttyä, sillä ennen tarkoituksena oli pääasiassa tukea asiantuntijoita päätöksenteossa. Koska käyttäjäjoukko on nykyään hyvin laaja ja epämääräinen, työssä jo aiemmin esitetty kuilu suunnittelijan olettamien ja käyttäjien todellisten tavoitteiden välillä voi huomaamatta kasvaa (vrt. Amar & Stasko 2004). Lisähaasteita tuo asioiden visuaalinen esittäminen siten, että ominaisuuksiltaan ja tavoitteiltaan erilaiset käyttäjät tulkitsevat visualisoinnin erilaisissa käyttökonteksteissa oikein.

Erilaisista visualisointien luokitteluista (kts. Luku 3.2) kuvastuvat näkökulmat ovat hyödyllisiä laadukkaan informaation visualisoinnin tekijöiden määrittämisessä. Jos suunnittelija kokee informaation visualisoinnin tarkoituksena olevan enemmän käyttäjän ajattelun ohjaaminen kuin tiedon jakaminen (vrt. van Wijk 2005; Ware 2004), suunnittelijan suhde käyttäjään on vakuuttava ja suostutteleva (engl. persuasive) (kts. Kuva 3). Tällainen lähtökohta siis huomioi enemmän suunnittelijan kuin käyttäjän tavoitteet, joten suunnittelun tuloksena syntynyt visualisointi on korostetummin suostutteleva tai formaattivinen kuin analyttinen (vrt. kuva 1). Jos suunnittelijan tavoitteena on ohjata käyttäjän ajattelua, rajoittamalla tarkoituksenmukaisesti visualisoinnissa esitettyä dataa ja toimintamahdollisuuksia käyttäjän yksilöllisiä oivalluksia voidaan rajata. Sen sijaan analyttisessä visualisoinnissa on tarjottava käyttäjälle monipuoliset mutta luotettavat analysointityökalut.

### 6.1 Laadun arvioinnin näkökulmat

Informaation visualisoinnin laadukkuuden tekijöitä etsittäessä on tutkittava visualisoinnin merkitystä ja sen suhdetta ympäristöönsä. Kattavan, yleispätevän ja yksiselitteisen heuristisen kriteeristön laatiminen vaatii visualisoinnin merkityksen tarkastelua eri näkökulmista. Tärkeitä näkökulmia on löydettävissä ainakin neljä (kts. Kuva 13): ymmärryksen kustannukset, tiedon rikastuminen, visualisoinnin osapuolet ja tehtävälähtöisyys.





Kuva 13: Näkökulmien sijoittuminen visualisointiprosessin referenssimalliin. Tummennetut alueet näkökulmien taustalla kuvaavat niiden vaikutusalueita visualisointiprosessissa. (Mukautettu Card et al. 1999.)

Informaation visualisoinnin laadukkuuden arvioinnin näkökulmat on sijoitettu alleviivattuina visualisointiprosessin referenssimalliin kuvassa 13. Tummennetut alueet näkökulmien taustalla kuvaavat niiden vaikutusalueita visualisointiprosessissa. Tieto liikkuu suunnittelijan käsitelmässä, esitysmallissa ja edelleen esityksen havaitsijan tulkinassa eri tiedon tasoilla. Käyttäjä muodostaa käsitelmänsä visuaalisista rakenteista ja näkymistä taustansa, tavoitteidensa ja vuorovaikutuksen perusteella. Tiedon käsittely visualisoinnissa kuvastaa visuaalista analytiikkaa (vrt. Vismaster 2010; Chabot 2009; Card et al. 1999). Seuraavissa aliluvuissa käsitellään informaation visualisoinnin laadukkuutta neljästä esitetystä näkökulmasta.

### 6.1.1 Ymmärryksen kustannukset

Ymmärryksen kustannusten näkökulma ohjaa tutkimaan informaation visualisoinnin mahdollisimman suurta data–muste-suhdetta ja lisätyn koristeellisuuden tarpeellisuutta visualisoinnin oikeassa tulkinassa (vrt. Kuva 13; Tufte 2001; Norman 2002; Tractinsky 2000; Bateman et al. 2010). Van Wijkin (2005) esittämistä visualisoinnin kustannustyypeistä merkittäviä ovat käyttöliittymän oppimisen, havainnoimisen ja ymmärtämisen kustannukset sekä datan käsittelyn kustannukset. Visualisoinnin toteuttamisen kustannuksia ei voida arvioida heuristisella arvioinnilla, koska arvioija ei yleensä tiedä suunnittelun etenemisen vaiheita. Heuristisen arvioinnin pääasiallisena tarkoituksena onkin ensisijaisesti lopullisen tuotteen käytettävyyden arviointi loppukäyttäjän näkökulmasta, ei varsinaisesti suunnitteluprosessin arvioiminen (vrt. Nielsen 1992).

Mitä intuitiivisempi käyttöliittymä on, sitä miellyttävämpää ja sujuvampaa sitä on käyttää. Levollinen teknologian ajatusmallilla pyritään piilottamaan teknologia käyttäjältä ja tukemaan itseohjautuvaa ajattelua havainnollisella käyttöliittymällä (vrt. Weiser & Brown 1996; Hullman et al. 2011).

Ymmärryksen kustannuksen näkökulma kuvastaa informaation tehokasta ja vaikuttavaa esittämistä siten, että esitys hyödyntää ihmisen havainnoinnin ja ajattelun vahvuuksia sekä estää niiden heikkouksien vaikutusta. Näkökulma huomioi lisäksi sen, onko visualisointi ennestään käyttäjälle tuttu. Laadukkaassa informaation visualisoinnissa ymmärryksen kustannusten näkökulma voidaan huomioda hyödyntämällä eri yksilöiden ja käyttökontekstien yhtenäisiä piirteitä ja estämällä kustannuksia aiheuttavien piirteiden vaikutusta. Luotettavimmin loppukäyttäjän ymmärryksen kustannuksia voidaan arvioida heuristisen arvioinnin sijasta käyttäjätesteillä.

### 6.1.2 Tiedon rikastuminen

Informaation visualisointiprosessi voidaan nähdä tiedon rikastumisen prosessina. Näkökulma korostaa tiedon eri tasojen ominaispiirteitä sekä tasojen välillä liikkumisen ja tiedon välittämisen haasteita. Jos lähtötieto on datan tasolla, visualisoinnin ensisijaisena tarkoituksena on yleensä oivallusten tuottaminen, sen sijaan informaation ja ymmärryksen tasoilla tavoitteena on enemmän johdattelu ja vakuuttaminen (vrt. Masud et al. 2010).

Tiedon rikastumisen näkökulma ohjaa tutkimaan visualisoinnin lähtö- ja tulostiedon tasoja sekä niiden suhdetta. Informaation visualisoinnissa lähtötieto on usein sekä dataa että jo jotenkin käsiteltyä tietoa, informaatiota. Tulostiedon tarkoituksena voi olla informaation sisäistäminen esityksestä sellaisenaan mahdollisimman tehokkaasti tai luova päättely. Kun visualisointiprosessin lähtö- ja tulostiedon tasot on tunnistettu, suunnittelussa on huomioitava eri tasoihin liittyvät tiedon välittämisen haasteet visualisoijalta esityksen havaittajalle. Koska keskustelemaan visualisoinnin prosessin syötetietoon liittyy suunnittelijan ymmärrystä (kts. kuva 1), visualisoinnissa olisi kuvattava selkeästi myös suunnittelijan tulkinta kohdealueesta. Tällöin visualisoinnin havaittajalle ymmärrystä tuottavassa kognitiivisessa tiedon rikastumisprosessissa on mahdollisimman samat lähtökohdat kuin suunnittelijalla suunnitteluprosessissa.

Tiedon rikastumisen näkökulma korostaa suunnittelijan ja käyttäjän käsitelmien yhtenevyyden haasteita. Koska tieto rikastuu ja siihen yhdistyy suunnittelijan ymmärrystä visualisointiprosessissa, visualisoinnin tulkinta voi olla hyvin erilainen käyttäjällä kuin suunnittelijalla. Näkökulma huomioitaessa käyttäjälle annetaan vihjeitä visualisoinnin oikeasta tulkintatavasta ja visualisointiprosessissa liikkuvan tiedon läpinäkyvyyttä lisätään siten, että esityksen tulkinta olisi haluttu. Informaation visualisoinnin laadukkuutta on osaltaan se, että asiat esitetään oikealla tarkkuudella siten, että myös suunnittelijan

ymmärrykseen johtaneet tekijät heijastuvat suunnitteluratkaisuista. Asioiden esittämisen oikea tarkkuus on huomioitava paitsi visualisoinnin laadukkuuden tekijänä myös kriteerien ja kysymyksien esitysmuodoissa, jotta ne olisivat mahdollisimman ymmärrettäviä, yksiselitteisiä ja kattavia.

### 6.1.3 Visualisoinnin osapuolet

Visualisoinnin osapuolten näkökulmasta (kts. kuva 3) voidaan arvioida osapuolten painotusta visualisoinnissa. Kolminaisuus (suunnittelija, data ja käyttäjä) korostaa kaikkien tekijöiden osavaikutusta kokonaisuuteen, vaikka lopullisen luonteen määrittelee hallitsevin osapuoli (vrt. Steele & Iliinsky 2011, s. 9). Kolminaisuuden näkökulmasta laadukas informaation visualisointi on yleensä siis jossain määrin sekä visuaalinen, vakuuttava että informatiivinen (vrt. Steele & Iliinsky 2011; Masud et al. 2010).

Visualisoinnin osapuolten näkökulma korostaa visualisoinnin eri osapuolten erilaisuutta ja niiden painotusten merkitystä. Koska jokaisella osapuolella on osuutensa visualisoinnissa, visuaalisilla ratkaisuilla on tuettava erilaisin painotuksin jokaista osaluetta. Visualisoinnin osapuolten näkökulma on huomioitavissa heuristiikan kriteereissä ja kysymyksissä ymmärtämällä eri osapuolten suhteiden merkitys suunnitteluratkaisuissa. Vakuuttava suhde voi heijastua laadukkaassa visualisoinnissa esimerkiksi tarinankerrontana, graafisina huomautuksina, erilaisina korostuksina ja käyttäjän huomion kiinnittämisenä oikean tulkinnan kannalta merkittäviin asioihin. Visuaalisen suhteen on kuvastuttava visualisoinnin merkityksen kannalta tarkoituksenmukaisina visuaalisina esitystapoina, informatiivisen suhteen datan mahdollisimman informatiivisena ja läpinäkyvänä esittämisenä.

### 6.1.4 Tehtävälähtöisyys

Tehtävälähtöisessä näkökulmassa tarkastellaan käyttäjän osatavoitteita ja kokonaistavoitetta (vrt. Shneiderman 1996), joiden saavuttamista voidaan tukea vuorovaikutteisuuksella. Käyttäjän täytyy yleensä saada hyvä yleiskuva visualisoinnista mutta myös pystyä tarkentamaan huomionsa sen merkitykselliseen osaan ja suhteuttamaan tämä kokonaisuuteen. Shneidermanin tiedon haun mantra (1996) kuvaa tehtävälähtöistä lähestymistä, jossa käyttäjällä on osatavoitteita, joita tämä yrittää täyttää. Mantra jakaa informaation visualisoinnin laadukkuuden arvioinnin tehtävälähtöisiin osa-alueisiin (Shneiderman 1996): yleisnäkymään, tarkennukseen, suodatukseen ja lisäinformaatioon. Käyttäjä ei välttämättä aina tarvitse näitä kaikkia vaiheita päästäkseen lopulliseen tavoitteeseensa, joskus esimerkiksi pelkkä yleiskuva datajoukosta riittää. Merkittäviä huomioita kuitenkin on, että visualisoinnin tarkastelu voidaan jakaa osavaiheisiin, yleensä vaiheet etenevät mainitussa järjestyksessä ja vuorovaikutteisuuksella voidaan nykyään tukea eri vaiheiden suoritusta.

Shneidermanin mantran toimintaketju toistuu aina käyttäjän kohdatessa uuden visualisoinnin, johon käyttäjää ei erityisesti ole sidottu (vrt. Shneiderman 1996; Van Ham & Perer 2009). Ennen vuorovaikutteisia visualisointeja ei ollut mahdollista tehokkaasti tukea käyttäjää visualisoinnin informaation haussa vaan kaikki informaatio oli esitettävä kerralla ja käyttäjän oli kohdistettava havaintonsa merkitykselliseen osaan visualisoinnista. Staattisten visualisointien aikaan käyttäjän oli saatava mahdollisimman nopeasti käsitys kokonaisuudessaan esitetyn datan merkityksestä, nykyään esitetyn datajoukon lisäksi myös visualisointijärjestelmän toimintojen merkityksestä tavoitteisiinsa. Nykyajan informaation visualisoinnin suunnittelussa voidaan ajautua helposti kaiken informaation esittämisestä toiseen ääripäähän, toiminnoiltaan epäloogiseen, informaatiota väärentävään ja vaikeasti ymmärrettävään informaation visualisointijärjestelmään (vrt. van Wijk 2005; Hullman et al. 2011, s. 2213).

Jos käyttäjä on jotenkin erityisesti sidottavissa visualisointiin, yleiskuvan esittämistä tarkoituksenmukaisempaa voi olla esittää ensin vain käyttäjään läheisesti liittyvät asiat ja niiden yhteydet ja vasta pyydettyessä yleiskuva datasta. Samoin tietyn osajoukon haku ennen yleisnäkymää voi tehostaa ymmärryksen muodostumista. Datan osajoukkoon liittyvä ymmärrys on laajennettavissa kokonaisdataan. (Vrt. Shneiderman & Bederon 2005; Van Ham & Perer 2009)

Tehtävälähtöinen näkökulma kuvastaa käyttäjän osatavoitteiden tukemista intuitiivisella ja vaikuttavalla käyttöliittymällä. Käyttäjä tarvitsee eri osatavoitteissaan eri informaatiota tai samaa informaatiota eri tarkkuudella, joten kognitiivista kuormitusta voidaan vähentää esittämällä vain tehtävän kannalta tarvittava informaatio tarkoituksenmukaisella tarkkuudella. Tehtävälähtöinen näkökulma on oleellista huomioida visualisoinnin laadukkuutta arvioitaessa. Heuristiikassa ja kysymyksissä on huomioitava visualisoinnin käyttäjän osatavoitteet. Laadukkaassa informaation visualisoinnissa näkökulman huomioiminen heijastuu esimerkiksi visuaalista analytiikkaa tukevinä toimintoina ja tiettyinä hetkinä oikeiden asioiden esittämisenä tai korostamisena.

## 6.2 Osa-alueet

Laadukkaan informaation visualisoinnin suunnittelu vaatii ymmärrystä useasta eri aihepiiristä. Ymmärrystä vaaditaan havainnoinnista, merkityksellistämisestä, käytettävyydestä, saavutettavuudesta, visualisointiprosessista sekä tiedon eri tasoista ja niiden välillä liikkumisen aiheuttamista haasteista. Edelleen, pelkkä ymmärrys näiltä osa-alueilta ei riitä, vaan on myös tiedostettava niiden keskinäiset suhteet. Tekniikka ei ole laadukkaiden ja innovatiivisten visualisointien esteenä. Mitä monipuolisemmat tekniset mahdollisuudet ovat, sitä laadukkaampia visualisointeja voidaan toteuttaa ja sitä enemmän mahdollisten heikkouksien painopiste siirtyy tekniikasta suunnitteluratkaisuihin. Suunnitteli-

jan ja käyttäjän vaatimukset ja tavoitteet sekä tiedon luonteen ymmärtämällä valikoituu tilanteeseen sopivat suunnitteluratkaisut sekä visualisoimistekniikat ja -menetelmät.

Ymmärtämällä ihmisen havainnointijärjestelmää ja ajattelua, tapaa jäsentää ja merkityksellistää ympärillä olevia asioita (esim. Ware 2004; Mackinlay 1986) voimme kehittää visualisoiteja, jotka hyödyntävät ihmisen havainnoinnin ja merkityksellistämisen vahvuuksia ja välttävät niiden heikkouksia. Tarkastelemalla informaation visualisoinnin koko ongelmakenttää edellisen luvun näkökulmista on löydettävissä kattava joukko visualisoinnin laadukkuuden tekijöitä. Yksittäisten heurististen sääntöjen merkityksellisyden löytyminen eri näkökulmista vahvistaa kriteerien huomioimisen tarpeellisuutta. Seuraavissa aliluvuissa käsitellään havainnointia, merkityksellistämistä, käytettävyyttä ja saavutettavuutta visualisoinnin laadukkuuden arvioinnin eri näkökulmista.

Esitetyt osa-alueet on valittu aineiston teemoittelun perusteella, jonka perustekijöinä ovat ihminen ja tekniikka. Aineistossa käsitellyt asiat on sijoitettu niissä korostuvien aiheiden perusteella näihin osa-alueisiin, jotka kattavat käyttäjän kokeman visualisoinnin laadukkuuden aihepiirin. Havainnointi ja merkityksellistäminen kuvaavat korostuneemmin ihmisen kognitiivista prosessia sinällään, käytettävyys ja saavutettavuus visualisoinnin teknisten osatekijöiden, kuten algoritmin, datan ja käyttöliittymäelementtien, liittymistä tähän prosessiin.

### 6.2.1 Havainnointi

Datan osajoukkoja esitetään visualisoinnissa graafisilla elementeillä, joiden piirteet eli hahmolakien mukaiset visuaaliset vihjeet kuvaavat kohteensa olemusta. Elementti voi esittää esimerkiksi laskentataulukon tai tietokantataulun yksittäistä riviä tai rivijoukkoa ja visuaaliset vihjeet taulukon sarakkeiden tietoja. Jos elementeillä on joitakin yhteisiä piirteitä, ihmisen visuaalinen havainnointijärjestelmä tulkitsee samanlaisuuden hahmolain perusteella elementeillä olevan jonkinlainen yhteys.

Visualisoitaville asioille voidaan laskea DOI-arvot, jotka kuvaavat asioiden merkityksellisyyttä käyttäjälle (Furnas 1986). Koska visuaalisilla vihjeillä on havainnointijärjestys (kts. Kuva 7, s. 20), kohteen ominaisuuksien sisäistämisen tehokkuus riippuu havainnoinnin osalta asioiden kuvaamiseen käytetyistä hahmolaeista. DOI-arvojen perusteella ominaisuuksille voidaan valita tarkoituksenmukaisen tehokkaat visuaaliset vihjeet (vrt. Furnas 1986; Kuva 7, s. 20).

Visualisoinnissa on hyödyllistä käyttää levollista teknologiaa eli sellaisia toiminta- ja esitystapoja, jotka eivät kuormita tarkoituksettomasti käyttäjän havainnointia ja ajattelua ja ovat luontevasti siirrettävissä havainnoinnin reuna-alueen ja keskiön välillä (Weiser & Brown 1996). Tällöin merkitykselliset asiat säilyvät luonnollisesti käyttäjän havainnoinnin keskiössä ja muut sensorisessa muistissa.

Määrällisiä, jatkuvia, ennustamattomia tai hyvin laajan arvovälin arvojoukkoja on usein hankalaa ja toisinaan mahdotonta kuvata selkeästi visuaalisilla hahmoilla käsittelemättä ensin arvoja tai koordinaatistoa. Jos arvojoukon suhteellinen ero on merkityksellisempää kuin varsinaiset lukuarvot tai arvojen hajonta on liian suuri, alkuperäisten arvojen visuaalinen esittäminen ei aina edes ole tarkoituksenmukaista. Hajonnan ollessa suuri pienet arvot eivät ole erotettavissa tai suuria arvoja kuvaavat visuaaliset vihjeet ovat esityksessä liian hallitsevia (kts. Kuva 14). Järjestystä kuvaavia hahmoja on esitelty kuvassa 7 (s. 20). Kuvattaessa arvojen suhteellista eroa arvojoukko on ensin normalisoitava, minkä jälkeen voidaan käsitellä arvojen vaihteluväliä tai suhteellista kokoeroa. Arvojoukon kuvaus voi olla esimerkiksi lineaarinen, logaritminen tai neliöjuurikuvaus. Suhteellista eroa esitettäessä kannattaa yleensä mieluummin käsitellä elementtiä kuin koordinaatistoa, koska suhteellinen koordinaatisto saattaa hämmäntää käyttäjää ja aiheuttaa väärintulkintaa.



*Kuva 14: Kuvan visualisoinnit esittävät Suomen kuntia ja niiden asukaslukuja. Tekstin koon määrittää kunnan asukasluku. Ilman lukuarvojen suhteellista kuvausta vain asukasluvultaan suurten kuntien nimet on luettavissa (vasemmanpuoleinen visualisointi). Toisessa visualisoinnissa lukuarvojen suhteellinen ero on esitetty neliöjuurikuvauksella.*

Ymmärryksen kustannusten näkökulmasta jokaisen elementin piirteen, visuaalisen vihjeen tai hahmon, on kuvattava jotakin kohteensa ominaisuutta ja lisätyn koristeellisuuden, esitetyn datan näkökulmasta täytemusteen, asiayhteyttä (vrt. Tufte 2001; van Wijk 2005). Yhdistämällä tehtävälähtöisen ja ymmärryksen kustannusten näkökulmat voidaan päätellä, että vain niitä piirteitä tulisi esittää tai ainakin niiden tulisi olla keskeisimmillä esillä, joiden kuvaamia ominaisuuksia käyttäjä tarvitsee sen hetken tehtäväänsä. Jotta kokonaistavoite saavutettaisiin mahdollisimman tehokkaasti, kunkin tehtävän aikana merkittävimmät asiat tulisi nostaa keskeisimmille esille käyttämällä tarkoituksenmukaisen tehokkaita visuaalisia vihjeitä. Kuitenkin samoja asioita olisi kuvattava samoilla piirteillä ajankohdasta riippumatta, jotta visuaalisten vihjeiden merkitystä ei tar-

vitsisi oppia joka kerta uudelleen tai vihjeitä ei ymmärretä väärin vaan niiden merkitys olisi muistettavissa.

### 6.2.2 Merkityksellistäminen

Ihminen luo mielikuvan kaikesta näkemästään merkityksellistämällä havaintonsa ja yhdistämällä ja jäsentämällä ne aiemmin opittuun sekä tiivistämällä ja pelkistämällä asiat ymmärrettävämpään muotoon. Sekä havainnoinnilla että merkityksellistämällä on kulttuurisia eroja (esim. Cooper et al. 2007, s. 291). Aasialaiset silmäilevät suhteellisen kauan kokonaisuutta, länsimaalaiset siirtyvät pian yksityiskohtiin (esim. Dong & Lee 2008). Väreillä taas on suuria tunnepohjaisia ja asiansyhteyteen liittyviä eroja kulttuurien välillä (esim. Aslam 2005; Cooper et al. 2007, s. 291).

Jotta data–muste-suhde olisi mahdollisimman suuri eli mahdollisimman paljon informaatiota olisi esitettävissä mahdollisimman vähällä musteella, käyttäjää on motivoitava ja ohjattava itseohjautuvaan ajatteluun (vrt. Hullman et al. 2011; Tufte 2001). Mitä tehokkaammin hyödynnetään käyttäjän tiedostamatonta ajattelua, intuitiota sekä loogista asioiden merkityksellistämistä, sitä vähemmän kuormitetaan suunnitteluratkaisuilla käyttäjän ajattelua (vrt. Hullman et al. 2011; Berg 2012, s. 29 & 60). Käyttäjän olisi koajan pystyttävä keskittymään silloiseen tehtäväänsä, ei teknologian ymmärtämiseen (Edge 2008).

Informaation visualisointijärjestelmän informaation esittämisen ja vuorovaikutteisyyden on tuettava mieltämysyksiköiden muodostumista ja valmiiden skeemojen käyttöä. Mieltämysyksiköiden muodostumista voidaan tukea jäsentämällä, järjestämällä ja kuvaamalla asioita yhtenäisesti ja opitulla tavalla. Kun ajattelu perustuu mahdollisimman monipuoliseen semanttiseen tiedonkäsittelyyn, muistijälki vahvistuu ja asioiden palauttaminen mieleen helpottuu. (Vrt. Sinkkonen et al. 2006, s. 170–190; Gobet 2000.)

Käyttämällä aiempaa tietämystään asioiden ymmärtämiseen käyttäjä sisäistää visualisoinnin merkityksen vähemmällä kognitiivisella kuormituksella kuin oppimalla visualisoinnin ilman aiemmin omaksumaansa tietoa. Yksittäinen metafora voi merkityksellistää asian tuhansin mielikuvin samoin kuin visuaalinen kuva voi kertoa tuhat asiaa. Sopiilla käyttöliittymän ja vuorovaikutuksen metaforilla voidaan tukea käyttäjän itseohjautuvaa ajattelua (vrt. Sease 2008; Hullman et al. 2011; Fineman 2004). Visualisointiin voidaan lisätä koristeellisuutta kuvaamaan asiayhteyttä ja estämään väärintulkintoja. Kohdealue on kuvattavissa sellaisenaan tai abstraktisti metaforalla. Onnistuneesti valittu metafora yhdistää useat käyttäjäryhmät ymmärtämään esitetyn asian samalla tavalla. Metaforaa käytettäessä on huomioitava kulttuuriset erot.

Visuaalinen informaatio tulisi olla ymmärrettävissä puutteellisilla tiedoilla ja olisi esitettävä myös vaihtoehtoisella tavalla (vrt. Hornbæk & Frøkjær 2002, s. 489 & 500). Visuaalisen vihjeen tulkinnan oikeellisuus on pystyttävä tarkistamaan lähtöarvoista

(Heer & Shneiderman 2012), mihin käyttäjää voidaan ohjata (vrt. Hullman et al. 2011) esimerkiksi korostamalla merkittävät asiat tai esittämällä lähtöarvot vuorovaikutteisesti. Usein visuaalisella vihjeellä kuvataan vain arvojen suhteellista eroa, jolloin käyttäjä saa tekstimuodosta tarkan arvon. Koska vihjeen merkitys on opittavissa, ymmärryksen kustannusten näkökulmasta lisätieto vihjeestä ja vaihtoehtoinen esitys on esitettävä vain pyydettyäessä. Jotta käyttäjä voisi hyödyntää visualisoinnissa oppimiansa merkityksiä, samoja asioita on kuvattava samoilla tavoin: toiminnallisia painikkeita yhtenevästi ja elementtien samanlaisia ominaisuuksia samanlaisilla visuaalisilla vihjeillä. Sisäisen johdonmukaisuuden lisäksi on huomioitava ulkoinen johdonmukaisuus ja käytettävä mahdollisuuksien mukaan standardisoituja ratkaisuja. Elementtien ryhmittelyllä ja informaation järjestämisellä käyttäjälle voidaan tehokkaasti kuvata asioiden merkityksiä ja keskinäisiä yhteyksiä (vrt. Hullman et al. 2011, s. 2214). Tekstin merkitystä voi selventää yksinkertaisilla ja vaikuttavilla ikoneilla. Asioiden esittämisen on kuitenkin aina oltava yhtenäistä, tuttua ja kuvattava käyttäjän tavoitteita. (vrt. Cooper et al. 2007, s. 302–303.)

Useat tutkimukset osoittavat, että tuotteen käytettävyydellä ja käyttäjän esteettisellä kokemuksella on selkeä yhteys (esim. Norman 2002; Tractinsky 2000; Bateman et al. 2010; Sonderegger & Sauer 2010), joka voi olla jossain määrin molemminpuolinen (Tuch et al. 2012). Esteettisellä ja tarkoituksenmukaisella koristelulla käyttäjä voidaan johdattaa positiiviseen mielentilaan ja näin merkityksellistää täytemustetta (vrt. Norman 2004; Tufte 2001). Jos käyttäjällä on vaikeuksia ymmärtää visualisoinnin tai sen yksittäisten toimintojen merkityksen tavoitteissaan, käyttäjää voidaan ohjata tutkimaan visualisointia luovasti (vrt. Norman 2004). Kaikin tavoin luovaan päättelyyn ja ongelmanratkaisuun tukeminen helpottaa käyttäjää oivaltamaan visualisoinnin merkityksen. Koristeellisuus voi myös lisätä visualisoinnin muistettavuutta (Bateman et al. 2010).

Koristeellisuuden lisääminen voi aiheuttaa laatuongelman, jos koristeellisuus asetetaan merkittävämmäksi kuin varsinainen informaatio (vrt. Angeli et al. 2006; Tufte 2001). Jos sen sijaan koristeellisuus aiheuttaa mittasuhte- ja havaitsemishäiriöitä visuaalisilla hahmoilla esitettävässä informaatiossa, aiheutuu tiedon luotettavuusongelma (vrt. Tufte 2001; Ware, 2004). Ymmärryksen kustannusten näkökulmasta lisätyn koristeellisuuden ongelmana on, että jos asiayhteys on jo ymmärretty, koristeellisuus muuttuu täytemusteeksi häiriten dataa kuvaavien elementtien tulkintaa.

Tunnistamisen kannalta vain merkittävät piirteet esittävä visuaalinen esitys on tehokkaammin ja nopeammin tulkittavissa kuin yksityiskohtainen esitys (vrt. Ryan & Schwartz 1956). Tehokkuus kuitenkin edellyttää, että havaitsija ymmärtää asiayhteyden. Tiedon rikastumisen näkökulmasta lisätyllä koristeellisuudella voidaan kuvata datan kohdealuetta, asiayhteyttä tai suunnittelijan käsitelmää ohjaten käyttäjän tulkintoja halutuille tai samoille ajatusurille kuin visualisoinnin suunnittelijan (vrt. Kuva 4). Datan rakennetta ja kohdealuetta voidaan kuvata ja tulkintaa ohjata myös animaatiolla, tärinäkerralla ja tekstuaalisilla ja graafisilla huomautuksilla (vrt. Heer et al. 2007; Heer &



Robertson 2007; Berg 2012, s. 29 & 60; Shneiderman 1996). Jos vihjeet eivät suoraan ohjaa asiayhteyden ymmärtämiseen, jo pelkästään käyttäjän mielialan kohottamisesta voi olla apua, sillä positiivisen tunnetilan on todettu edistävän luovaa ajattelua (vrt. Ashby et al. 1999).

### 6.2.3 Käytettävyys

Nykyaikaisen vuorovaikutteisen informaation visualisoinnin suunnittelu voidaan nähdä käyttäjän osatavoitteiden ketjuna (Amar & Stasko 2004). Visualisointijärjestelmässä voidaan vaiheittain tukea osatavoitteisiin liittyviä tehtäviä. Vuorovaikutteisuuden suunnittelun sitominen käyttäjän osatavoitteisiin kuvastaa käyttäjälähtöistä suunnittelua.

Käyttäjä muodostaa ymmärrystään uudesta visualisointijärjestelmästä silmäilyn lisäksi osoittamalla visualisoinnin elementtejä ja käyttämällä sen toimintoja (vrt. Berg 2012, s. 23; Burmester et al. 2010). Oikeanlaista tulkintaa voidaan siis tukea tehokkaasti tarjoamalla lisäinformaatiota elementeistä niitä osoitettaessa. Vuorovaikutteisuutta voi esiintyä käyttöliittymässä erilaisten valitsinelementtien, kuten painikkeiden ja liukuvalitsimien, lisäksi dataa kuvaavissa elementeissä. Elementtien on kuvattava visuaalisilla vihjeillään paitsi lukuarvoaan ja suhteitaan myös mahdollista vuorovaikutteisuuttaan. Painikkeet ja liukuvalitsimet kuvaavat vuorovaikutteisuuttaan luontevasti yleisillä käyttöliittymän valitsimien piirteillään, sen sijaan muiden vuorovaikutteisten elementtien ilmaisukyky voi olla rajoittuneempi. Kaikkien elementtien olemassaolon ja toiminnallisuuden merkitys on ilmaistava suhteessa käyttäjän käsitelmään ja varsinaisiin tavoitteisiin (vrt. Cooper et al. 2007). Elementeissä käytettyjen hahmojen tehokkuuden on kuvastettava niillä esitetyn informaation merkityksellisyyttä käyttäjälle tai toiminnon vaikuttavuutta käyttäjän osatavoitteissa.

Jos visualisoinnissa on nähtävissä juuri käyttäjään itseensä liittyvää tai muuten käyttäjän paremmin ymmärtämää sisältöä, osatavoitteiden järjestys ei välttämättä ole Shneidermanin (1996) mantran (yleiskuva, tarkennus, suodatus ja lisäinformaatio) mukainen. Käyttäjä voi oivaltaa visualisoinnin merkityksen tällöin yleiskatsausta tehokkaammin näkemällä ensin vain haetun osajoukon tai itseensä liittyvän tai muuten hyvin ymmärtämänsä ja merkittävän sisällön. Näin saatu ymmärrys on laajennettavissa koko visualisointiin. Merkittävä osajoukko voi olla siis joko automaattisesti tai käyttäjän haun perusteella valittu. Navigointijärjestystä voidaan kuvata haun, asiayhteyden ja laajennuksen -mallilla (engl. Search, show context, expand on demand). Vaikka visualisoinnin merkitys olisikin käyttäjälle jo ennestään tuttu, yleensä käyttäjää kiinnostaa ensisijaisesti itseensä liittyvät asiat. (Vrt. Van Ham & Perer 2009; Heer & Shneiderman 2012.)

Selkeän yleiskuvan saaminen on havaittu merkittäväksi verkkopalveluissa (Schenkman & Jönsson 2000), joten sen voidaan olettaa olevan tärkeää myös visualisointijärjestelmässä. Selkeän yleiskuvan saamista voidaan tukea visualisoinnissa tiivistämällä in-

formaatio mahdollisimman havainnolliseen muotoon ja osittamalla se ihmisen visuaalisen havaintojärjestelmän ja merkityksellistämisen ominaispiirteet huomioiden. Burkhard (2004) ilmaisee informaation tiivistystason informaation syvyydellä (engl. information depth). Lisäinformaation (engl. details-on-demand) haussa esitetään tietty informaatio ja sen yhteydet kokonaisuudessaan eli tiivistämättä. Zoomaamalla tai tarkentamalla tiettyyn datajoukkoon käyttäjällä on tavoitteenaan havainnon kohdentaminen tai tarkempi informaatio joukon datasta (Carr 1999, s. 2). Zoomaaminen voidaan toteuttaa liukuvalinnalla, hiiren rullalla tai klikkaamalla tai osoittamalla tiettyä elementtiä. Tarkempi kuvaus informaatiosta voi olla suhteiden tarkennusta tai kohteen ominaisuuksien tarkempaa esittämistä. Suhteiden esittäminen voi sisältää myös vertailun toiminnallisuuden korostamalla toisiinsa liittyvien elementtien vertailukelpoisia ominaisuuksia. Suodatuksessa näkymästä piilotetaan merkityksetön tieto.

Koska käyttäjän osatavoitteet etenevät yleensä järjestyksessä (vrt. Shneiderman 1996; Van Ham & Perer 2009), järjestyksen huomioiminen visualisoinnin suunnittelussa on perusteltua. Aiemmissä tehtävissä opittuja asioita on pystyttävä hyödyntämään seuraavissa tehtävissä. Suunnitteluratkaisussa tämä on huomioitavissa esimerkiksi esittämällä asioita yhteneväisesti.

Informaatio kuormittaa visualisointijärjestelmän käyttäjän havainnointia ja ajattelua vaihtelevasti eri tehtävissä, sillä niissä voidaan tarvita eri määriä tietoa, sekä samaa tietoa eri tiivistystasolla että eri tietoa. Informatiivista kuormitusta vähentämällä voidaan tehostaa tulkintojen muodostusta ja estää väärintulkintoja. Toisarvoisen informaation huomioimista voidaan rajoittaa levollisella teknologialla, vääristävillä (engl. distortion) tekniikoilla, zoomaamalla tai informatiivista kuormitusta ehkäisevillä toimenpiteillä: tiivistämällä, osittamalla ja suodattamalla (vrt. McShane 2008; Carr 1999; Weiser & Brown 1996). Mitä vähemmän käyttäjien ajattelua kuormitetaan, sitä paremmin he voivat keskittyä varsinaisiin tehtäviinsä ja heidän keskittymiskykynsä säilyy (vrt. Shneiderman & Bederson 2005). Mitä sujuvammin käyttäjän aiemmat osatehtävät ovat edenneet, sitä mielekkäämpää käyttäjän on siirtyä seuraaviin vaiheisiin. Esteettisesti miellyttävä ja helppokäyttöinen visualisointi motivoi käyttäjää sekä lisää käyttäjän mielenkiintoa tutkia visualisointia ja luovuutta visualisoinnin käytön tavoitteisiin liittyvissä ongelmanratkaisuisissa (vrt. Ashby et al. 1999; Norman 2002; Shneiderman 1996; Sonderegger & Sauer 2010).

Informaatiota voidaan esittää kyseisellä hetkellä tarkoituksenmukaisella tarkkuudella tiivistämällä sitä. Esittämällä sama informaatio korkeammalla tiivistystasolla voidaan löytää yleisiä piirteitä ja poikkeamia datasta. Osittamalla informaatiota samassa visualisoinnissa tai eri visualisointeihin voidaan esittää selkeästi yhteenkuuluvat asiat. Tietoa suodattamalla käyttäjälle voidaan esittää tietyllä hetkellä vain tarpeellinen tieto. Tehtävän kannalta epäoleellinen sisältö kannattaa usein kuitenkin mieluummin häivyttää kuin kokonaan piilottaa, jotta yhteys datajoukon kokonaisuuteen säilyisi. Jos yksittäistä ele-

menttiä osoitettaessa valtaosa sisällöstä piilotetaan epäoleellisena, näkymä saattaa lisäksi välkkyä häiritsevästi. Luettavia kohtia voidaan korostaa suurella kontrastilla, taustatekijöitä häivyttää vähäisellä (vrt. Metsämäki 1995, s. 36). Informatiivista kuormitusta voidaan lisäksi estää järjestelemällä asioita käyttäjän käsitelmän mukaisesti ja levollisella teknologialla. Levollisessa teknologian periaatteen (Weiser & Brown 1996) mukaisesti havainnoinnin reuna-alueella esitetty informaatio olisi säilyttävä käyttäjä sensorisessa muistissa ja vasta kun informaatio on ajankohtaista, sen tulisi siirtyä tarkempaan analyysiin.

Yleisnäkymään on voitava palata toimintojen jälkeen. Jos mahdollista, yleisnäkymän esittämä tiivistetty kokonaisdata tulisi olla kokoajan suhteutettavissa toiminnoilla käsiteltävään datajoukkoon. Havainnoinnin olisi kuitenkin säilyttävä luontevasti ja ensisijaisesti käsiteltävässä datajoukossa. (vrt. Van Ham & Perer 2009; Weiser & Brown 1996.) Jos jokaiselle elementille on laskettu DOI-arvot eri tehtävien aikana, voidaan käyttää erilaisia menetelmiä lisätiedon ja kontekstin esittämiseen sopuuhaisesti ja tarkoituksenmukaisesti (vrt. Heer & Shneiderman 2012, s. 50; Shneiderman 1996, s. 337). Heer ja Shneiderman (2012, s. 49–50) esittävät keinoiksi tarkennus-plus-konteksti -menetelmän (engl. focus-plus-context), erillisen yleisnäkymän ja lisätietonäkymän (engl. overview and detail) sekä erilaiset vääristävät tekniikat (kts. 4.3 Vuorovaikutus).

Esitysparametrien ja datan tai sen osajoukon purkaminen (engl. extract) ja tallentaminen ulkoiseen tiedostoon voi vahvistaa tulkintoja (vrt. Heer & Shneiderman 2012; Shneiderman 1996). Datan tutkimiseen voi lisäksi löytyä uusia näkökulmia ja ulottuvuuksia.

Fittsin lain mukaan (esim. MacKenzie & Buxton 1992): Mitä lähempänä ja suurempi osoitettava kohde on graafisessa käyttöliittymässä kursoria, sitä helpommin käyttäjä siihen osuu. Tehtävälähtöisestä näkökulmasta peräkkäisesti osoitettujen toiminnallisten elementtien tulisi olla lähellä toisiaan. Kuitenkin, jos visualisointijärjestelmän reunat rajoittavat kursorin liikettä, painikkeiden sijoittaminen reuna-alueille voi olla perusteltua. Toisaalta ymmärrysten kustannusten näkökulmasta lähekkäisyyden visuaalisella vihjeellä voidaan myös kuvata elementtien välistä suhdetta ilman täytemustetta.

Van Wijk (2005) on esittänyt vuorovaikutteisen visualisoinnin vaaroiksi väärinkäsitukset ja subjektiivisuuden, jos käyttäjän annetaan liian vapaasti muokata esitysparametreja, ja pitkän uudelleenlaskenta-ajan. Amarin ja Staskon (2004) esittämän oletettujen ja todellisten tavoitteiden kuilun takia suunnittelussa keskitytään usein vääriin asioihin. Olennaista olisi esittää visualisoinnissa informaatio sitä keskeisemmin mitä vaikuttavampaa se on, mitä enemmän se tukee käyttäjää sen hetkissä tavoitteissaan. Suunnittelijan täytyy olla erityisen varovainen visualisointidatan rajaamisessa. Usein luullaan käyttäjistä enemmän kuin tiedetään ja kuvataan vain valittua, rajoitettua datajoukkoja ja datan suhteita suppealla arvoasteikolla (Amar & Stasko 2004). Tällöin visualisoinnista

on jo oletuksena rajattu pois paljon dataa, joka voisi olla hyödyllistä käyttäjälle. Visualisointi voi olla vain niin hyvä kuin sen käsittelemä data (Amar & Stasko 2004).

Suuria datamääriä sisältävien informaation visualisointijärjestelmän uudelleenlaskenta-aika voi olla suuri (van Wijk 2005, s. 83). Ymmärryksen kustannusten näkökulmasta: Jos datan lataus- ja käsittelyajat pitkittyvät, vaarana on keskittymiskyvyn häiriintyminen (vrt. van Wijk 2005, s. 83; Shneiderman & Bederson 2005). Laskentaa siirrettäessä palvelimelta päätelaitteelle nykyaikaisen tietokoneen laskentateho on yleensä riittävä, mutta useimpien mobiililaitteiden suorituskyky on huomattavasti rajoittuneempi. Vuorovaiikutteisuuksella voidaan myös säädellä päätelaitteen muistinkäyttöä säilömällä vain kyseisellä hetkellä tarpeellista dataa. Informaation käsittelyssä on tasapainoitava sujuvan käyttökokemuksen ja muistitilan liiallisen kuormituksen välillä: Jos käsiteltäviä dataa säilytetään suuria määriä muistissa, etenkin mobiililaitteen muisti saattaa kuormittua liiaksi, toisaalta dataa haettaessa ja käsiteltäessä toistuvasti uudelleen käyttökokemus voi heikentyä tiedonkäsittelyajan pitkittyessä.

Ohjeilla voidaan paikata visualisoinnin havainnollisuuden ja ymmärrettävyyden heikkouksia, jotka voivat johtua vääristä suunnitteluratkaisuista tai siitä, että käyttäjällä ei ole riittävästi tietoa asiayhteydestä. Suunniteltaessa visualisointijärjestelmää ensisijaisesti keskitason käyttäjille (vrt. Cooper et al. 2007, s. 569) ohjeilla voidaan tukea alemman tason käyttäjiä. Aloittelijoille täytyy tarjota riittävästi informaatiota, mutta keskitason ja kokenutta käyttäjää ei saisi kuitenkaan häiritä epäolennaisella informaatiolla. Kokeneille käyttäjille voidaan tarjota näkymiä, jotka tehostavat tulkintoja. Tehokkaat erikoisnäkyvät ovat hyödyllisiä, mutta ne ja niihin liittyvät toiminnot eivät kuitenkaan saisi häiritä keskivertokäyttäjän ymmärryksen muodostumista visualisoinnista (vrt. Hullman et al. 2011, s. 2217–2218).

#### 6.2.4 Saavutettavuus

Visualisointia voivat käyttää usein hyvin erilaiset yksilöt erilaisissa ympäristöissä ja erilaisilla päätelaitteilla, mikä aiheuttaa saavutettavuushaasteita. Laadukas informaation visualisointi huomioi erilaisten käyttökontekstien keskeisimmät vaatimukset.

Laadukkaan visualisoinnin tekniikka on dynaamista ja tuettua useimmissa yleisimmistä päätelaitteista. Kaikki päätelaitteet eivät tue osoitus-toiminnallisuutta, joten niitä vastaavat toiminnot tulisi olla saavutettavissa myös klikkaamalla. Web-teknologioita käytettäessä visualisointi on helposti levitettävissä lähes kaikkialle. Laadukkaita web-teknologioita ovat esimerkiksi Javascript, canvas-piirtoapua ja standardeihin perustuvat svg-grafiikka ja css. Sen sijaan heikkouksia on havaittu Flashissa, etenkin sen tukemisessa mobiililaitteissa. Koska svg-grafiikan jäsenitys perustuu xml-dokumentin hierarkiseen puurakenteeseen, kuten verkkosivuston (x)html-esityskin, se on dynaamista ja selaimen ymmärrettävää. Svg-grafiikkaa voi muokata muun verkkosivun sisällön tavoin

Javascriptillä ja sen tyyliä kuvata css-tyylimäärittelyillä. Sen sijaan Java- ja Flash-sovelukset ovat verkkosivun rakenteeseen sijoitettuja irrallisia liitännäisiä.

Jotta visualisointi olisi saavutettava, erityistä huomiota on kiinnitettävä värivalintoihin, sillä värien toisto riippuu päätelaitteista sekä havaitseminen yksilöstä ja käyttöympäristöstä. Värien saavutettavuuden kannalta eri värikanavia on käytettävä mahdollisimman monipuolisesti, jotta värit olisivat varmasti erotettavissa toisistaan (vrt. Ware, s. 123–127; Zuk & Carpendale 2006). Kuitenkin on huomioitava myös ihmisen havaintojärjestelmän rajoitteet (kts. Luku 4.1 Havainnointi ja hahmolait, s. 17). Tärkeimpiä asioita ei tulisi esittää pelkästään värikoodauksella.

### 6.3 Laadukkuuden tekijöiden yhteenveto

Alla (Taulukko 2) on esitetty kooste informaation visualisoinnin laadukkuuden heuristisista säännöistä ja niiden osa-alueista. Kriteeristö on aineiston pohjalta laadittu ensimmäinen versio laadukkuuden tekijöistä. Osa-alueita on neljä ja heuristisia sääntöjä kaksitoista.

Osa-alue	Heuristinen sääntö (kriteeri)
Havainnointi	Visuaalisen vihjeen tehokkuuden ja kuvattavan asian merkityksen yhteys Värien merkitysten ja keskinäisten suhteiden huomioiminen Kognitiivisen kuormituksen vähentäminen
Merkityksellistäminen	Visualisoinnin sitominen ympäröivään maailmaan ja käyttäjän tukeminen itseohjautuvaan ajatteluun Sisäinen ja ulkoinen yhtenäisyys ja johdonmukaisuus
Käytettävyys	Informaation haun osatavoitteita tukeva vuorovaikutus Tulkinnan todennettavuus Informaation käsittelyn tehokkuus Eritasoisten käyttäjien huomioiminen
Saavutettavuus	Saavutettavan teknologian käyttö Esteetön tiedon esittäminen Sosiaalinen ulottuvuus ja datan uudelleenkäyttö

*Taulukko 2: Informaation visualisoinnin laadukkuuden heuristiikan kriteerit ja niiden luokittelu, joka perustuu kriteereissä korostuviin aihealueisiin.*

Esitetyt heuristiset säännöt valikoituivat tiivistämällä lähdeaineistossa käsitellyt asiat asiakokonaisuuksiksi. Edelleen, asiakokonaisuudet ryhmittelemällä niissä korostuvien aihealueiden perusteella valikoituivat osa-alueet. Aineistossa keskeisesti käsiteltyjä aihealueita olivat visuaalinen havainnointi, kognitio, automaattisen ja visuaalisen analyysiprosessin eri vaiheet sekä niitä tukevat toiminnallisuudet, esitystavat ja saavutettava teknologia. Korkeammalta tasolla tarkasteltuna esillä oli jako ihmiseen ja tekniikkaan eli ihmisen havainnointijärjestelmään ja kognitioon sekä näitä huomioiviin ja tukeviin

teknisiin ratkaisuihin, joilla tietoa saadaan välitettyä tarkoituksenmukaisesti ihmiselle. Osa-alueet Havainnointi ja Merkityksellistäminen kuvastavat korostetusti ihmistä, Käytettävyys ja Saavutettavuus tekniikkaa. Esitetyt osa-alueet ja heuristiset säännöt eivät kuitenkaan ole yksiselitteisiä, vaan ne osittain limittyvät toisiinsa ja täydentävät toisiaan.

Havainnoinnin osa-alueella käsitellään visuaalisten vihjeiden käyttöä tiedon tiivistämisessä siten, että käyttäjälle välittyy visualisoinnissa esitetty tieto tarkoituksenmukaisessa järjestyksessä. Värien keskinäiset suhteet liittyvät selkeästi havainnointiin, sen sijaan niiden tulkittu merkitys on vahvasti riippuvainen kulttuurista ja asiayhteydestä, joten jälkimmäisen asian käsittely voisi kuulua siten myös merkityksellistämisen osa-alueeseen. Molemmat on kuitenkin tiivistetty samaan kriteeriin, koska asioilla on myös keskinäisiä suhteita ja monesti voidaan joutua tekemään myönnytyksiä näiden kahden välillä. Aineistossa käsiteltiin lisäksi kognitiivista kuormitusta, mikä osittain liittyy myös merkityksellistämiseen mutta myös käytettyihin visuaalisiin vihjeisiin, ja on siksi luokiteltu havainnoinnin osa-alueeseen.

Merkityksellistämisen osa-alueen kriteerissä käsitellään keinoja, joilla voidaan tukea halutunlaisen ymmärryksen muodostumista käyttäjälle esitetystä tiedosta. Aineistossa korostui johdonmukaisuuden vaatimus toiminnoissa ja esitystavoissa sekä käyttäjän aiemman tiedon hyödyntäminen visualisoinnin merkityksen välittämisessä. Tällaisina keinoina aineistossa esitettiin yhteneväiset tiedon esittämistavat, asiayhteydessä tuttujen käytäntöjen hyödyntäminen ja monimutkaisen asioiden ymmärtämisen helpottaminen kielikuvien avulla.

Käytettävyuden osa-alueella kuvataan visuaalisen ja automaattisen analytiikan vaihteita sekä ihmiselle tyypillisiä informaation haun tapoja (vrt. Heer & Shneiderman, 2012; Van Ham & Perer 2009; Shneidermanin 1996). Osa-alue siis käsittelee pohjimmiltaan visualisoinnin ja käyttäjän välistä, tiedon analysoimista tukevaa vuorovaikutusta. Tehokas visuaalinen analyysi vaatii käyttäjille yhtenäisten toimintamallien sekä tiedoiltaan ja taidoiltaan eritasoisten käyttäjien huomioimista suunnitteluratkaisuissa. Eritasoiset käyttäjät voidaan huomioida visualisoinnin toiminnoissa ja esitystavoissa sekä tarjoamalla keinoja ymmärryksen oikeellisuuden todentamiseen. Visuaalista analytiikkaa voidaan tehostaa huomioimalla käyttäjien toimintamalleja ja vähentämällä visualisoinnin tiedonkäsittelyaikaa.

Saavutettavuuden osa-alueella käsitellään sellaisia visualisoinnin suunnittelun teknisiä valintoja, joilla visualisoinnin esittämä tieto on saavutettavaa ja esteetöntä. Osa-alue on merkittävä, koska visualisointeja voidaan käyttää nykyään hyvin erilaisilla päätelaitteilla ja tiedon analysoiminen saattaa vaatia sosiaalista ulottuvuutta.

## 7 HEURISTISET LAADUKKUUSKRITEERIT

Hyvän informaation visualisoinnin heuristiikan määritelmän (kts. Forsell & Johansson 2010) mukainen kriteerien kokoelma on tavoiteltava ja ihanteellinen päämäärä, mutta käytännössä vaadittu kriteeristö on mahdotonta koota. Vaikka heuristiikka kattaisi kaikki mahdolliset osa-alueet, ne eivät voi huomioida kattavasti kaikkien mahdollisten datan kohdealueiden, käyttökotekstien ja käyttäjäryhmien ominaispiirteitä. Hyvistä informaation visualisoinnin heuristiikoista yksimielisyyteen pääsemisen vaikeus (vrt. Forsell & Johansson 2010) johtuu osittain tekniikan nopeasta kehitymisestä, osittain muutoksista tavoissamme ymmärtää ja käsitellä informaatiota sekä osittain visualisoitavan tiedon, tehtäväkentän ja käyttäjäryhmien moninaistumisesta.

Jakob Nielsenin (1994a, s. 156) käytettävyyden 10 kriteerin heuristiikka on yksi harvoista määritelmän melko hyvin täyttävistä perustavanlaatuisista, tunnetuista ja tunnus-tetuista heuristiikoista. Tässä työssä laadittavan heuristiikan tavoitteena on Nielsenin heuristiikan tapainen mahdollisimman pieni, noin 10 säännön kriteeristö, joka lähenee määritelmän ihanteellista heuristiikkaa. Alla on esitetty kirjallisuusselvityksen perusteella laadittu informaation visualisoinnin laadukkuuden heuristiikka. Jokainen kriteeri kuvastaa yhtä heuristista sääntöä, jota on laajennettu siihen liittyvillä kysymyksillä ja kehitysvihjeillä.

### 7.1 Havainnointi

#### 7.1.1 Visuaalisen vihjeen tehokkuuden ja kuvattavan asian merkityksellisyyden yhteys

- **Onko visualisoinnin ymmärtämisen kannalta tärkeimpiä asioita kuvattu mahdollisimman tehokkailla visuaalisilla vihjeillä?**
  - Visualisoinnin elementtien ja niiden piirteiden on kuvastettava niillä esitetyn informaation merkityksellisyyttä tai toiminnon vaikuttavuutta käyttäjän tehtävissä. Käyttäjän tehtäviä ovat yleiskatsaus, tarkennus, suodatus, lisäinformaation haku, vertailu ja historian haku sekä datan osajoukon ja syöteparametrien purkaminen (Shneiderman 1996, 337).
  - Käyttäjälle on esitettävä asiat oikeassa järjestyksessä (Keinonen 1998). Visuaalisesta esityksestä havaitaan ensin keskeiset visuaaliset piirteet, kuten sijainnit, värit ja yksinkertaiset muodot (Ware 2004, 150–151).
  - Useat tutkimukset ovat osoittaneet, että avaruudellinen sijainti on tehokkain numeromuotoisen datan kuvauskeino (esim. Heer et al. 2010; Cleveland & McGill 1984, Mackinlay 1986).

- Kaikilla kolmella tiedon tyypillä (määrällinen, järjestyksellinen ja nimellinen) tehokkain visuaalinen vihje on sijainti. Määrällisessä tiedossa seuraavaksi tehokkaimmat vihjeet ovat pituus, kulma, jyrkkyys, pinta-ala, tilavuus, tiheys, värikyläisyys ja värisävy. Tekstuurilla, yhteydellä, sisältyvyydellä ja muodolla ei ole merkitystä tässä tiedon tyypissä, sillä määrällisessä tiedossa voi olla käytännössä lukemattoman paljon eri arvoja. Järjestyksellisen tiedon ”muoto” –vihjeellä ei ole merkitystä, koska sillä ei voida luontevasti kuvata järjestystä. Nimellistä tietoa voidaan kuvata kaikilla esitetyillä visuaalisilla vihjeillä. (Mackinlay 1986, 125.)
- Tietynlaiseen dataan sopivat tietynlaiset graafiset kuvaustyylit, kuten jatkuville arvoille sijainti koordinaatistossa ja epäjatkuville arvoille merkit (Tory & Möller 2004, 75).
- Jotta merkittävin informaatio olisi selkeimmin havaittavissa ja ymmärrettävissä, on valittava sellainen informaation esitystapa, joka parhaiten kannustaa merkittävän datan syvään pohdiskeluun (Hullman et al. 2011, 2220).
- Luettavia kohtia on korostettava suurella kontrastilla, taustatekijöitä vähäisellä (Metsämäki 1995, 36).
- Joissakin tutkimuksissa on todettu, että värien huomioarvon järjestys on punainen, keltainen, vihreä, valkoinen, sininen ja purppura. Tunnistettavimmiksi väreiksi on todettu järjestyksessä punainen, oranssi, keltainen, purppura, vihreä ja valkoinen. Lapset muistavat väreistä parhaiten järjestyksessä keltaisen, vaaleanpunaisen, punaisen, oranssin ja sinisen. (Sinkkonen et al. 2006, 130.)
- **Onko visualisoinnissa käytetty enintään viittä eri muotoa (ympyrä, neliö jne.) kuvaamaan ominaisuuden eri arvoja?**
  - Suuri määrä muotoja häiritsee ja vie huomion muilta elementtien piirteiltä, kuten väriltä ja koolta, sekä häiritsee näkymän tulkitsemista (Cooper et al. 2007, 291; Metsämäki 1995, 26).
- **Jos arvojoukon suhteellinen ero on visualisoinnin ymmärrettävyyden kannalta täsmällistä eroa merkityksellisempi, onko visuaalisilla vihjeillä kuvattu arvojen suhteellista eroa?**
  - Jos arvojoukon hajonta on hyvin suuri, visuaalisilla vihjeillä kuvattavat pienet arvot eivät näy tai suuret arvot ovat liian hallitsevia. Tällöin voi olla tarkoituksemukaista kuvata arvojen suhteellista eroa.
  - Kuvattaessa arvojen suhteellista eroa arvojoukko on ensin normalisoitava, minkä jälkeen voidaan käsitellä arvojen vaihteluväliä tai suhteellista kokoeroa. Arvojoukon kuvaus voi olla esimerkiksi lineaarinen, logaritminen tai neliöjuurikuvaus. Suhteellista eroa esitettäessä yleensä kannattaa käsitellä mieluummin ele-



menttiä kuin koordinaatistoa, koska suhteellinen koordinaatisto saattaa hämmentää käyttäjää ja aiheuttaa väärintulkintaa.

### 7.1.2 Värien merkitysten ja keskinäisten suhteiden huomioiminen

- **Onko tausta ja etualan elementit erotettu värisävyn lisäksi valoisuuden erolla?**
  - Taustan ja etualalla esitettävän tiedon valotiheyden kontrastiero täytyy aina olla hyvin suuri ja eroa ei tulisi koskaan tehdä ainoastaan värisävyllä (Ware 2004, 143).
  - Värikoodauksella esitetyn informaation valotiheyden tulee olla hyvin suuri, varsinkin pienissä kohteissa (Ware 2004, 124; Sinkkonen et al. 2006, 133).
  - Värien käyttöä voi arvioida ottamalla visualisoinnista kuvankaappaus ja käyttämällä kuvankäsittelyohjelmassa (esim. Gimp tai Photoshop) värin poimintatyökalua (engl. color picker).
  - Väreissä tulisi käyttää mahdollisimman monipuolisia värikanavien (sävy, värikylläisyys, valotiheys) yhdistelmiä, jotta useat värit olisivat erotettavissa toisistaan, sillä värin havainnointi riippuu myös elementin koosta ja paikallisesta ympäristöstä (vrt. Ware, 123–127; Zuk & Carpendale 2006).
  - Koska puhtaat, tummat ja lämpimät värit ovat värihavainnoinnin syvyysvaikutuksessa lähimpänä, ne soveltuvat paremmin elementin kuin taustan väriksi (vrt. Sinkkonen et al. 2006, 129).
- **Käytetäänkö värisävyn lisäksi värikylläisyyttä ja/tai valoisuutta eron kuvaamiseen?**
  - Mitä useampi värikanava on käytössä, sitä paremmin värit ovat erotettavissa toisistaan. Eri värikanavia ovat värisävy, valotiheys ja värikylläisyys. (Vrt. Ware 2004, 97–144; Sinkkonen et al. 2006, 133.)
  - Vierekkäin ei saisi sijoittaa äärimmäisen värikylläisiä värejä spektrin eri ääripäistä, kuten sinistä ja punaista (Sinkkonen et al. 2006, 133).
  - Taustan ja etualalla esitettävän tiedon valotiheyden kontrastiero täytyy aina olla hyvin suuri ja eroa ei tulisi koskaan tehdä ainoastaan värisävyllä (Ware 2004, 143).
  - Värien käyttöä voi arvioida ottamalla visualisoinnista kuvankaappaus ja käyttämällä kuvankäsittelyohjelmassa (esim. Gimp tai Photoshop) värin poimintatyökalua (engl. color picker).
- **Onko elementeissä käytetty mustaa tai valkoista reunusta, riippuen taustavärin valotiheydestä?**
  - Värikontrasti voi aiheuttaa suuria virheitä kuvattaessa määrällisiä ominaisuuksia tai käytettäessä hillittyjä, yhtenäisiä taustoja. Valkoinen tai musta reunus värilli-

sessä elementissä erottaa sen valotiheyden kontrastin ansiosta paremmin muista ympäröivistä väreistä. (Ware 2004, 143.)

- Kapeat reunukset voivat aiheuttaa havaitsemishäiriöitä.
- **Onko rinnakkaisissa elementeissä käytetty ristiriitavärejä?**
  - Ristiriitavärejä (sininen-punainen ja sininen-vihreä) ei saa asettaa rinnakkain (Metsämäki 1995, 35).
  - Toisistaan vaikeasti erotettavia värejä ovat punainen, ruskea, vihreä, harmaa ja sinipunainen, etenkin jos niitä käytetään rinnakkaisina väreinä (Sinkkonen et al. 2006, 134).
  - Väärät värivalinnat aiheuttavat häiriöitä informaation havaitsemisessa ja näköharhoja (esim. Ware 2004, 97–144; Sinkkonen et al. 2006, 126–134).
- **Onko elementeissä käytetty enintään kahdeksaa eri väriä?**
  - Kuusi värisävyä on kohtuullisen helppo valita, mutta yli kymmenen on valittava erityisen huolellisesti. Jos taustaväri on vaihtuva, yli 12 värin sopiva valinta todennäköisesti epäonnistuu. Ihmisen havainnointijärjestelmään kovakoodattuja primitiivivärejä ovat punainen, vihreä, keltainen ja sininen. Jos käyttäjän on muistettava värien merkitys, nämä värit ovat ensisijaisia valintoja ja käytettävien värien maksimimäärän tulee olla  $5 \pm 2$ . (Ware 2004, 143; Sinkkonen et al. 2006, 132.)
  - Värien valinnassa on helppoa epäonnistua. Väärät värivalinnat aiheuttavat häiriöitä informaation havaitsemisessa ja näköharhoja, lisäksi värisävyillä on kulttuurisia ja asiayhteyteen liittyviä eroja (Ware 2004, 97–144; Sinkkonen et al. 2006, 126–134).
  - Enin suositeltava värisävyjen määrä elementeissä on 8 (Metsämäki 1995, 35).
  - Toisistaan vaikeasti erotettavia värejä ovat punainen, ruskea, vihreä, harmaa ja sinipunainen, etenkin jos niitä käytetään rinnakkaisina väreinä (Sinkkonen et al. 2006, 134).
- **Onko värisuunnittelussa huomioitu värien kulttuuriset tai asiayhteyksien erot tai luonnollinen yhteys todellisuuden kanssa?**
  - Värisuunnittelussa täytyy kunnioittaa paikallista värikulttuuria (Sinkkonen et al. 2006, 133). Länsimaisessa kulttuurissa valkoinen yhdistetään puhtauteen, viattomuuteen ja rehellisyyteen, musta likaisuuteen ja onnettomuuteen, sininen luotettavuuteen, voimakkuuteen ja rauhallisuuteen ja vihreä luonnonläheisyyteen (Sinkkonen et al. 2006, 130–131). Aasiassa valkoinen yhdistetään kuolemaan ja musta kalleuteen (Aslam 2005, 19).
  - Yhdysvalloissa kirjanpitäjä yhdistää punaisen värin negatiiviseen ja mustan positiiviseen ja arvopaperikauppiasta sininen väri kehottaa ostamaan ja punainen myymään (Cooper et al. 2007, 291).

- Värisuunnittelussa on huomioitava värien luonnollinen vastaavuus todellisuuden kanssa. Sininen väri vastaa vettä, punainen verta ja tulta, vihreä kesää ja elävää kasvillisuutta, ruskea syksyä ja kuollutta kasvillisuutta, keltainen aurinkoa. (Sinkkonen et al. 2006, 130.)
- **Onko värisiirtymissä käytetty useampaa kuin yhtä värikanavaa?**
  - Värisiirtymissä kannattaa käyttää vähintään yhden värikanavan vasta-arvoja. Tällaisia siirtymiä värikanavissa ovat esimerkiksi siirtymät keltaisesta värisävystä siniseen, matalasta värikylläisyydestä korkeaan tai pienestä valotiheydestä suureen. Usein on hyödyllisempää käyttää useampaa kuin yhtä värikanavaa. (Ware 2004, 143.)
  - Jos värisiirtymässä esitetään arvoja nollan molemmilta puolilta, voidaan käyttää neutraalia arvoa kuvaamaan nollaa ja vastavärien kasvavaa värikylläisyyttä kuvaamaan negatiivisia ja positiivisia arvoja (Ware 2004, 143).

### 7.1.3 Kognitiivisen kuormituksen vähentäminen

- **Onko käyttäjän tehtävissä piilotettu merkityksetön tieto?**
  - Käyttäjän tehtäviä ovat yleiskatsaus, tarkennus, suodatus, lisäinformaation haku, vertailu ja historian haku sekä datan osajoukon ja syöteparametrien purkaminen (Shneiderman 1996, 337).
  - Jos näkymässä on liikaa käyttäjälle sillä hetkellä merkityksetöntä tietoa, se saattaa häiritä merkityksellisen informaation havaitsemista ja tulkintaa (vrt. Tufte 2001).
  - Mitä vähemmän käyttäjien ajattelua kuormitetaan, sitä paremmin he voivat keskittyä varsinaisiin tehtäviinsä ja heidän keskittymiskykynsä säilyy (vrt. Shneiderman & Bederson 2005; Shneiderman 1996, 337).
  - Jos visualisointi on käyttäjälle ennestään tuttu, täytemusteeksi muuttunut merkityksetön informaatio on pystyttävä piilottamaan (vrt. Tufte 2001; Shneiderman 1996).
  - tehtävän kannalta epäoleellinen sisältö kannattaa usein mieluummin vääristää (engl. distort) kuin kokonaan piilottaa, jotta yhteys datajoukon kokonaisuuteen säilyisi (vrt. Carr 1999, 1). Jos yksittäistä elementtiä osoitettaessa valtaosa sisällöstä piilotetaan epäoleellisena, näkymä saattaa lisäksi välkkyä häiritsevästi.
- **Onko levollisen teknologian ajatusmalli huomioitu näkymissä?**
  - Levollinen teknologia (engl. calm technology) on ajatusmalli teknologiasta, joka on siirrettävissä luonnollisesti havainnoinnin reuna-alueen ja keskiön välillä. Asettamalla asioita havainnoinnin reuna-alueelle tarkoituksenmukaisilla valinnoilla voidaan jäsentää asioita paremmin kuin että kaikki olisi havainnoinnin

keskiössä. Aivot käsittelevät havainnoinnin reuna-alueen asioita ilman ylimääräistä kuormaa sensorisessa muistissa, aistitiedon ensimmäisessä säilytyspaikassa. (Weiser & Brown 1996.) Levollista teknologiaa voi hyödyntää sekä informaation että vuorovaikutuksen suunnittelussa (Tzec et al. 2009). Suoritettavana olevassa tehtävässä merkittävät asiat olisi säilytettävä huomioon keskiössä, muut sensorisessa muistissa (vrt. Weiser & Brown 1996; Shneiderman 1996).

- Levollisen teknologian periaatetta voi soveltaa muun muassa välttämällä tarkoituksettomasti huomion kiinnittäviä värivalintoja ja isokokoisia tai liikkuvia elementtejä havainnoinnin reuna-alueella.
- **Kuvataanko elementeissä yhtä asiaa vain yhdellä visuaalisella vihjeellä ja toisinpäin?**
  - Visualisoinnin elementeillä on yhdistelmä visuaalisia vihjeitä tai piirteitä, joilla kuvataan kohteen ominaisuuksia ja jotka yhdessä, sidottuna asiayhteyteen, antavat elementille merkityksen. Piirteitä kuvataan hahmolaeilla, joista yleisimpiä ovat sijainti, muoto, koko, väri, orientaatio ja pinnoitus (Cooper et al. 2007, 291–292).
  - Tufte (2001) kehottaa karsimaan visualisoinneista merkityksettömän täytemusteen ja toisteisen tiedon, sillä ne häiritsevät informaation sisäistämistä ja voivat johtaa harhaan.
  - Mitä vähemmän käyttäjien ajattelua kuormitetaan, sitä paremmin he voivat keskittyä varsinaisiin tehtäviinsä ja heidän keskittymiskykynsä säilyy (vrt. Shneiderman & Bederson 2005; Shneiderman 1996, 337).

## 7.2 Merkityksellistäminen

### 7.2.1 Visualisoinnin sitominen ympäröivään maailmaan ja käyttäjän tukeminen itseohjautuvaan ajatteluun

- **Jos sopiva metafora on selvästi löydettävissä, onko sellaista käytetty?**
  - Käsitteet havainnoista muodostetaan täydentämällä aiempaa tietämystä, yhdistämällä uudet asiat aiemmin opittuun sekä tarkkailemalla ja korjaamalla vääriä käsitteitä (Hullman et al. 2011, 2216).
  - Metafora välittää merkityksen ja siirtää informaatiota (Sease 2008, 10), joten metaforalla voidaan kuvata ennestään tuntemattomia asioita ja asiayhteyksiä tunnetuilla. Onnistuneesti valittu metafora yhdistää useat käyttäjäryhmät ymmärtämään esitetyn asian samalla tavalla.
  - Benjamin Fineman (2004) on esittänyt metaforat graafisen käyttöliittymän kolmelle mahdolliselle osa-alueelle: toiminnallisuuden, käyttöliittymän ja vuorovai-

kutuksen alueille. Toiminnallinen metafora esittää käyttäjän ohjelman käytön odotuksia ja tavoitteita. Vuorovaikutuksen metafora määrittää toiminnan muodon ja suorituksen. Molempien metaforien tulisi auttaa käyttöliittymän metaforan ymmärtämisessä. (vrt. Fineman 2004; Berg 2012, 23; Burmester et al. 2010.) Fineman käyttää esimerkkinä sähköpostia. Toiminnallisena metaforana voi olla fyysinen postikirje (Fineman 2004) ja käyttöliittymän metaforana osoitekirja (Sease 2008). Vuorovaikutuksen metaforana voi olla kohteen suora käsittely siten, että käyttäjä voi raahata tiedostoja, avata kirjeitä ja lähettää postia koneelta toiselle (vrt. Cooper et al. 2007, 377; Fineman 2004).

- Metaforan informaation siirtämisen merkityksen ymmärtäminen on erityisen tärkeää ihmisen ja tietokoneen välisen vuorovaikutuksen (HCI) tukemisessa (Sease 2008).
- Käyttöliittymässä on hyödyllistä käyttää metaforaa sellaisen löydettyä, mutta käyttöliittymää ei saa sovittaa mielivaltaisesti valittuun metaforaan (Cooper et al. 2007, 279).
- Ympäröivästä maailmasta on havaittavissa sekä universaali todellisuus että yksilön mielikuviinsa luoma, henkilökohtaisesti koettu todellisuus (vrt. Dutton 2002). Jos käyttäjät ovat taustaltaan hyvin erilaisia, universaalista todellisuudesta lainattu vertauskuva on usein luotettava valinta. Koska luonto koetaan usein hyvin samalla tavalla, sieltä voi olla löydettävissä hyviä vertauskuvia. Jos visualisointi on suunnattu tietyille erityisryhmälle vertauskuvana voi käyttää tämän ryhmän yhteisesti koettua asiaa, joka kuvaa kohdealuetta.
- Ajatusprosessin vaiheiden määrä on minimoitava tukemalla rakentavaa, itseohjautuvaa ajattelua (Hullman et al. 2011, 2218).
- **Onko asioiden esittäminen sidottu keskivertokäyttäjän käsitelmään, tavoitteisiin tai tehtäviin?**
  - Jos käyttäjän tarvitsema informaation on kohdealue- tai tehtäväriippuvainen, suunnittelu täytyy sitoa kohdealueeseen, käyttäjän tehtäviin tai visualisoinnin tehtäviin (Tory & Möller 2004, 74). Käyttäjän tehtäviä ovat yleiskatsaus, tarkennus, suodatus, lisäinformaation haku, vertailu ja historian haku sekä datan osajoukon ja syöteparametrien purkaminen (Shneiderman 1996, 337).
  - Käyttäjän näkökulma täytyy huomioida asioiden ja toimintojen esittämisessä ja nimeämisessä. Hyvä informaation visualisoinnin suunnittelu ja arviointi painottaa käyttäjän kykyä avata ja sisäistää esityksen merkitys ja käsitellä sitä itsenäisesti (Amar & Stasko 2004).
  - Visualisoinnin elementtien ja toimintojen suunnittelussa tulisi ymmärtää ja huomioida käyttäjän intuitiivinen ja looginen asioiden merkityksellistäminen (Berg 2012, 9).

- Elementit on järjestettävä ja ryhmiteltävä intuitiivisesti, loogisesti ja johdonmukaisesti, käyttäjän käsitemallin ja osatavoitteiden mukaisesti. Johdonmukaiset elementtien sijoittelut, ryhmittelyt, värit, nimeämiset ja peräkkäiset toiminnot nopeuttavat päätöksiä ja estävät häiriötekijöiden vaikutusta (Shneiderman & Bederson 2005, 5).
- Lisäämällä dataohjautuvaa tiedostamatonta ajattelua voidaan lisätä visualisoinnin ymmärrettävyyttä (Berg 2012, 29 & 60). Dataohjautuva intuitio on visualisoidun informaation tulkintaa ennen mielikuvien muodostumista.
- Käyttäjän tavoitteisiin perustuva vuorovaikutus kuvastaa käyttäjän käsitemallia (Cooper et al. 2007, 569).
- Liiallinen yksinkertaistaminen aiheuttaa informaation vääristymistä, liiallinen monimutkaistaminen taas kognitiivista kuormitusta, keskittymistä epäoleelliseen ja havaitsemishäiriöitä (vrt. Bresciani & Eppler 2008; Tufte 2001).
- Esitettävä informaatio on sidottava käyttäjän ymmärtämään asiayhteyteen eli suunnittelijan on pyrittävä muodostamaan esitysmallista mahdollisimman paljon käyttäjän käsitemallia vastaava. Käyttöliittymä tulisi siis perustua käyttäjän käsitemalliin, ei toteutusmalliin. Myös levollisen teknologian ajatusmallin mukaan tekniikka on piilotettava käyttäjältä. (vrt. Cooper et al. 2007, 30 & 569; Weiser & Brown 1996.)
- Asioiden ymmärtäminen ja oppiminen helpottuu, jos käyttäjä pystyy liittämään asiat oppimiinsa skeemoihin. Skeema on järjestynyt ja jäsenelty konseptimainen kuvaus eli informaatiokokonaisuus ilman yksityiskohtia. (Sinkkonen et al. 2006, 180–190.)
- Visualisoinnin tarinankerronnallisilla rakenteilla voidaan osoittaa datan merkittäviä huomioita ja ohjeistaa käyttämään visualisoinnin vuorovaikutteisia elementtejä (Heer & Shneiderman 2012, 53–54).
- Keskivertokäyttäjä ei yleensä ymmärrä käyttöliittymän teknisiä termejä, joten asiat on esitettävä tutuilla käsitteillä ja luonnollisella kielellä (vrt. Nielsen 1994a, 157).
- Suunnittele keskivertokäyttäjälle sekä tarjoa ohjeet aloittelijalle ja tehokkaita toimintoja kokeneelle käyttäjälle (vrt. Cooper et al. 2007, 569; Hullman et al. 2011).
- Järjestelmällä täytyy olla yhteys todelliseen maailmaan (Nielsen 1994a, 153).
- Keskeiset toiminnallisuudet on sijoitettava ensisijaiseen ikkunaan (Cooper et al. 2007, 506).
- Graafisen asetelun ja järjestelyn on autettava käyttäjää ryhmittelemään tehtäviä (Hornbæk & Frøkjær 2002, 489).

- **Tuetaanko vuorovaikutteisissa elementeissä suoraa käsittelyä?**
  - Fyysinen vuorovaikutus järjestelmän kanssa tuntuu käyttäjältä luonnolliselta, joten käyttäjille on tarjottava suoraa käsittelyä (engl. direct manipulation) ja graafisia valitsimia (vrt. Nielsen 1994a, 153; Cooper et al. 2007, 570).
  - Suoran käsittelyn malli sisältää kolme osa-aluetta: käyttöliittymäkomponenttien visuaalisen esityksen, näkyvän ja eleisiin perustuvan vuorovaikutuksen näihin elementteihin sekä välittömän tulosten esittämisen. Suoraan vuorovaikuttava käyttöliittymä on kokonaisvaltainen, ennustettava ja hallittava, jolloin käyttäjä kokee saavuttamista ja vastuullisuutta sekä kokee hallitsevansa järjestelmää. (Shneiderman 1997.)
  - Käyttäjä muodostaa ymmärrystään vuorovaikutteisesta järjestelmästä osoittamalla vuorovaikutteisia elementtejä ja käyttämällä järjestelmän toimintoja (vrt. Berg 2012, 23; Burmester et al. 2010).
- **Onko visualisoinnin ilme tasapainoinen?**
  - Käyttöliittymän visuaalisen ilmeen tulee olla miellyttävä (IBM 2004).
  - Ihminen saattaa reagoida ympäristöönsä enemmän alitajuisesti kuin tietoisesti. Sommittelulla voidaan lisätä käyttäjän motivaatiota ja tuotteen käytettävyyttä. (Metsämäki 1995, 17.)
  - Näkymän tasapaino muodostuu tummuus- ja symbolitasapainosta. Epätasapaino voi aiheuttaa visuaalisia jännitteitä. (Metsämäki 1995, 18–19.)
  - Suuri määrä muotoja häiritsee näkymän tulkitsemista (esim. Metsämäki 1995, 26).
  - Positiivinen mielentila nopeuttaa välittäjäaine dopamiinin liikettä, jolloin ajatteluprosessi tehostuu ja muuttuu joustavaksi. Kauniit tuotteet voivat näin auttaa luovassa ajattelussa, oppimisessa ja ongelmanratkaisussa ja edelleen parantaa tehtävien suoritusta. (Ashby et al. 1999; Norman 2004.)
- **Jos visualisoinnissa on lisättyä koristeellisuutta, kuvataanko sillä asiayhteyttä?**
  - Positiivinen mielentila nopeuttaa välittäjäaine dopamiinin liikettä, jolloin ajatteluprosessi tehostuu ja muuttuu joustavaksi. Kauniit tuotteet voivat näin auttaa luovassa ajattelussa, oppimisessa ja ongelmanratkaisussa ja edelleen parantaa tehtävien suoritusta. (Ashby et al. 1999; Norman 2004.)
  - Tarkoituksenmukainen koristeellisuus voi lisätä visualisoinnin muistettavuutta (Bateman et al. 2010).
  - Asiayhteyttä kuvaava koristeellisuus saattaa häiritä informaation tulkintaa, jos lisätty koristeellisuus aiheuttaa käyttäjässä liian voimakkaita tunteita, kuten vastenmielisyyttä tai järkytystä (Bresciani & Eppler 2008).
  - Koristeellisuus voi aiheuttaa laatuongelman ja luotettavuusongelman, jos sitä ei ole lisätty harkiten ja tarkoituksenmukaisesti. Kaiken lisätyn koristeellisuuden

pitäisi helpottaa datan ymmärtämistä eli kuvata datan asiayhteyttä. Laatuongelmas-  
massa koristeellisuus ei auta ymmärtämään dataa vaan pikemminkin ohjaa käyttä-  
tjän huomiota ja ajattelua epäoleelliseen. Luotettavuusongelmasmassa koristeelli-  
suus vääristää dataa kuvaavia visuaalisia vihjeitä aiheuttaen mittasuhteiden vää-  
ristymistä ja havaitsemishäiriöitä. (Vrt. Angeli et al. 2006; Tufte 2001; Ware  
2004.)

## 7.2.2 Sisäinen ja ulkoinen yhtenäisyys ja johdonmukaisuus

### – Esitetäänkö tutut asiat tutusti?

- Tuttuus – hyödynnä käyttäjän aiempaa tietoa (IBM 2004).
- Käytä standardisoituja tai muuten tuttuja esitys- ja toimintatapoja.
- Tärkeimmät asiat on sijoitettava vasempaan yläkulmaan, merkityksettömimmät oikeaan alakulmaan (Steele & Iliinsky 2011, 53). Lukusuunta voi kuitenkin vaihdella kulttuureittain.

### – Käytetäänkö visuaalisia vihjeitä johdonmukaisesti?

- Samanlaisia visuaalisia vihjeitä sisältävien elementtien nähdään liittyvän jotenkin yhteen, erilaisten vihjeiden nähdään erottavan ne toisistaan. Jos samanlaisilla vihjeillä kuvataan eri asioita, käyttäjä voi hämmentyä ja tulkita esityksen väärin.
- Käsitys havainnoista muodostetaan täydentämällä aiempaa tietämystä, yhdistämällä uudet asiat aiemmin opittuun sekä tarkkailemalla ja korjaamalla vääriä käsitelmiä (Hullman et al. 2011, 2216).
- Lisäämällä dataohjautuvaa tiedostamatonta ajattelua voidaan lisätä visualisoinnin ymmärrettävyyttä (Berg 2012, 29 & 60). Dataohjautuva intuitio on visualisoidun informaation tulkintaa ennen mielikuvien muodostumista.
- Tunnistaminen ennen muistamista (Nielsen 1994a, 153).
- Käyttöliittymän täytyy olla ennustettava (Hornbæk & Frøkjær 2002).
- Ohjaa käyttäjää, älä pakota häntä pohtimaan (Cooper et al. 2007, 206).
- Koska kerralla on mahdollista olla vain yksi käyttäjäkokemus, toiminnallisuudet ja asioiden esittämistavat täytyvät olla yhteneväisiä (Cooper et al. 2007, 140).
- Ajatusprosessin vaiheiden määrä tulee minimoida tukemalla rakentavaa, itseohjautuvaa ajattelua (Hullman et al. 2011, 2218).

## 7.3 Käytettävyys

### 7.3.1 Informaation haun osatavoitteita tukeva vuorovaikutus

- Huomioidaanko käyttäjän informaation haun osatavoitteet?



- Käyttäjälle on esitettävä vain ne asiat, joita tämä kyseisellä hetkellä tarvitsee – ei enempää eikä vähempää. Lisäksi asiat on esitettävä käyttäjälle oikeassa järjestyksessä. (Keinonen 1998.) Shneiderman (1996, 337) kuvaa käyttäjän ja visuaalisoinnin vuorovaikutusta toteamalla käyttäjän ensin pyrkivän saamaan kokonaiskuvan informaatiosta asiayhteydessään, sitten tarkentamaan haluttuun kohtaan ja suodattamaan näkymän sisältöä ja lopulta hakemaan tarkempaa tietoa tavoitteidensa mukaisesti.
- Visuaalinen analytiikka on asioiden merkityksellistämistä vuorovaikutteisella visuaalisella käyttöliittymällä (Chabot 2009, 86). Visuaalisen analytiikan tavoitteena on analyttinen merkityksellistämisen prosessi ohjelmalla, joka maksimoi käyttäjän kyvyn havaita, ymmärtää ja merkityksellistää monimutkaisia ja dynaamisia datajoukkoja ja tilanteita (Thomas & Cook 2005, 63). Heer ja Shneiderman (2012) kuvaavat visuaalisen analytiikan vuorovaikutteiseksi prosessiksi, joka sisältää näkymän luomisen, tutkimisen ja informaation jalostamisen (engl. refinement). Heer ja Shneiderman (2012) esittävät kolme visuaalisen analytiikan tukemisen osa-alueita: datan ja näkymän määrittämisen, näkymän käsittelyn sekä analysoinnin tukemisen. Datan ja näkymän määrittämisessä autetaan käyttäjää valitsemaan datasta merkityksellinen osajoukko ja visualisoimaan se tehokkaasti (vrt. Heer & Shneiderman 2012). Näkymän käsittelyyn ja analysoinnin tukemiseen osa-alueisiin liittyy seitsemän Ben Shneiderman mainitsemaa käyttäjän toimintoa (vrt. Heer & Shneiderman 2012; Shneiderman 1996): yleiskatsaus, zoomaus, suodatus, lisäinformaation haku (engl. Details-on-demand), vertailu, historian haku ja purkaminen (engl. extract). Neljä ensimmäistä kuvaa suoraan haun mantran käyttäjän osatavoitteita, kolme viimeistä visuaalisen analytiikan analysoinnin tukemisen osa-alueita (vrt. Shneiderman 1996; Heer & Shneiderman 2012).
- Käyttäjä voi oivaltaa visualisoinnin merkityksen yleisnäkymästä saamaansa kuvausta tehokkaammin näkemällä ensin vain haetun osajoukon tai itseensä liittyvän tai muuten hyvin ymmärtämänsä sisällön. Merkittävä osajoukko voi olla siis joko automaattisesti tai käyttäjän haun perusteella valittu. Saatu ymmärrys on laajennettavissa koko visualisointiin, sen dataan ja vuorovaikutteisuuteen. Navigointijärjestystä voidaan kuvata haun, asiayhteyden ja laajennuksen -mallilla (engl. Search, show context, expand on demand). (Vrt. Van Ham & Perer 2009; Heer & Shneiderman 2012.)
- Jos mahdollista, yleisnäkymän esittämä tiivistetty kokonaisdata tulisi kokoajan olla suhteutettavissa toiminnoilla käsiteltävään datajoukkoon. Havainnoinnin olisi kuitenkin säilyttävä luontevasti ja ensisijaisesti käsiteltävässä datajoukossa. (Vrt. Van Ham & Perer 2009; Weiser & Brown 1996.)

- **Tuetaanko käyttäjän osatavoitteita informatiivista kuormitusta ehkäisevillä toimenpiteillä?**
  - Käyttäjän osatavoitteiden (yleiskuva, tarkennus, suodatus ja lisäinformaatio) tehokasta suoritusta voidaan tukea levollisella teknologialla, vääristävillä (engl. distortion) tekniikoilla, zoomaamalla ja suodattamalla sekä informatiivista kuormitusta ehkäisevillä toimenpiteillä: suodatuksella, osittamisella ja tiivistämisellä. (Vrt. Shneidermanin 1996; Weiser & Brown 1996; McShane 2008, 324.)
  - Selkeän yleiskuvan saamista voidaan tukea visualisoinnissa tiivistämällä informaatio mahdollisimman havainnolliseen muotoon ja osittamalla se ihmisen visuaalisen havaintojärjestelmän ominaispiirteet huomioiden. Esittämällä sama informaatio matalammalla tiivistystasolla voidaan tarkentaa näkymä tiettyyn datajoukkoon. Lisäinformaation haussa esitetään tietty informaatio ja sen yhteydet kokonaisuudessaan eli tiivistämättä.
  - Esitettyä dataa on pystyttävä suodattamaan käyttöliittymän toiminnoilla ja samalla on säilytettävä yhteys kokonaisuuteen (vrt. Carr 1999, 1). Heer ja Shneiderman (2012, 49–50) esittävät lisätiedon ja kontekstin tarkoituksenmukaisen esittämisen keinoiksi tarkennus-plus-konteksti -menetelmän (engl. focus-plus-context), erillisen yleisnäkökuvan ja lisätietonäkökuvan (engl. overview and detail) sekä erilaiset vääristävät (engl. distortion) tekniikat.
  - Tiedosta on tarjottava useita abstraktiotasoja (Zuk & Carpendale 2006).
  - Informaatio kuormittaa visualisointijärjestelmän käyttäjän havainnointia ja ajattelua vaihtelevasti eri tehtävissä, sillä niissä voidaan tarvita eri määriä tietoa, sekä samaa tietoa eri tiivistystasolla että eri tietoa.
- **Onko käyttäjän tehtäviin liittyvät toiminnot heti käytettävissä?**
  - Visualisoinnin käytön tehtäviä ovat yleiskatsaus, tarkennus, suodatus, lisäinformaation haku, vertailu ja historian haku sekä datan osajoukon ja syöteparametrien purkaminen (Shneiderman 1996, 337).
  - Merkittävimmät tehtävään liittyvät elementit ja toiminnot täytyy olla näkyvillä ja välittömästi käytettävissä (vrt. Hornbæk & Frøkjær 2002, 489; Cooper et al. 2007, 570).
- **Esitetäänkö käyttäjän toiminnan vaikutukset välittömästi ja selkeästi?**
  - Rikas visuaalinen palaute on suoran käsittelyn (engl. direct manipulation) merkittävimpiä tekijöitä (Cooper et al. 2007, 376).
  - Käyttäjä muodostaa ymmärrystään vuorovaikutteisesta järjestelmästä osoittamalla vuorovaikutteisia elementtejä ja käyttämällä järjestelmän toimintoja (vrt. Berg 2012, 23; Burmester et al. 2010).
  - Järjestelmän on esitettävä käyttäjän syötteiden tulkinta selkeästi (Hornbæk & Frøkjær 2002, 489).

- Rakenteen paljastava vuorovaikutus lisää informaation ymmärrettävyyttä (Berg 2012, 23 & 29).
- Esityksen muutosta tilasta toiseen voidaan kuvata animaatiolla (esim. Heer & Robertson 2007; Heer & Shneiderman 2012, 50), mikä ei pelkästään helpota tilojen muutoksen vaan myös koko datajoukon ymmärtämistä. Heer ja Robertson (2007) esittävät animaation neljä vahvuutta: animaatio kiinnittää tehokkaasti käyttäjän huomion myös havainnoinnin reuna-alueella, kuvaa alkutilan ja lopputilan yhteyttä, kuvaa syy-seuraussuhdetta sekä voi olla lumoava ja lisätä kiinnostusta asiaan.
- **Voiko käyttäjä järjestää elementtejä löytääkseen säännönmukaisuuksia ja ryhmiä datasta?**
  - Järjestelemällä elementtejä voidaan tehokkaasti löytää säännönmukaisuuksia ja ryhmiä datajoukosta. Yleisin tapa järjestää tuloksia on yhden tai useamman ominaisuuden perusteella. (Heer & Shneiderman 2012.)
- **Esitetäänkö elementin selitys ja lähtöarvot vain pyydettyäessä?**
  - Koska vihjeen merkitys on opittavissa, lisätieto siitä ja vaihtoehtoinen esitys on esitettävä vain pyydettyäessä. Jos näkymässä on liikaa käyttäjälle sillä hetkellä merkityksetöntä tietoa, se saattaa häiritä merkityksellisen informaation havaitsemista ja tulkintaa (vrt. Tufte 2001).
- **Tarvitseeko käyttäjän muistaa enemmän kuin  $7\pm 2$  asiaa kerrallaan tehtäväsään?**
  - Visualisoinnin käytön tehtäviä ovat yleiskatsaus, tarkennus, suodatus, lisäinformaation haku, vertaaminen ja historian haku sekä datan osajoukon ja syöteparametrien purkaminen (Shneiderman 1996, 337).
  - Koska ihmisen muistikapasiteetti on rajoittunut  $7\pm 2$  asiaan, tehtävissä muistettavien asioiden määrä ei saa ylittää tätä (vrt. Miller 1956; Shneiderman 1996, 337).
  - Uudet muistiin tulevat asiat tai erilaiset häiriötekijät voivat tyhjentää työmuistin (Sinkkonen et al. 2006, 172).
  - Tukeamalla mieltämisyksiköiden muodostumista muistikapasiteetti saadaan tehokkaampaa käyttöön (vrt. Sinkkonen et al. 2006, 172; Gobet 2000). Mieltämisyksiköiden muodostumista voidaan tukea ryhmittelyllä, muodostamalla kokonaisuuksia ja sitomalla asioita aiemmin opittuun.
  - Mitä mielekkäämpiä mieltämisyksiköt käyttäjälle ovat, sitä suurempia ja sitä enemmän mieltämisyksiköitä säilyy käyttäjän muistissa (Sinkkonen et al. 2006).
- **Onko alkutilaan helppo palata?**
- **Kerrotaanko käyttäjälle visualisointijärjestelmän sen hetkinen tila?**
  - Kuvasta elementin ja järjestelmän tilaa (Cooper et al. 2007, 572).

- Estä toiminnot, jotka eivät ole käytettävissä (Cooper et al. 2007, 573).
- Jos esityksessä pystyy zoomaamaan, käyttäjälle voidaan esittää zoomatun kohdan sijainti kokonaisdatassa pienessä kehyksessä. Tällöin käyttäjällä säilyy yhteys kokonaisuuteen (vrt. Carr 1999, 1).
- Paikallisen naapuruston arvot pitäisi aina olla näkyvissä (Tory & Möller 2004, 75).
- **Tulkitseeko järjestelmä käyttäjän syötteitä oletettua laajemmin?**
  - Käyttäjien ei voida olettaa opettelevan enempää järjestelmän käyttöä kuin tehtävien suoritus vaatii, joten heidän ymmärryksensä järjestelmästä on vajaa. Informaatio tulisi esittää siten, että se on ymmärrettävissä myös puutteellisilla tiedoilla. (Hornbæk & Frøkjær 2002, 489 & 500.)
  - Käyttöliittymä tulisi perustua käyttäjän käsitemalliin, ei toteutusmalliin (Cooper et al. 2007, 569).
- **Kuvastavatko vuorovaikutteiset elementit vuorovaikutteisuuttaan?**
  - Käyttöliittymän täytyy olla ennustettava (Hornbæk & Frøkjær 2002, 489).
  - Analysointia on tehostettava korostamalla osoitettua elementtiä (Heer & Shneiderman 2012).
  - Vuorovaikutteisuudesta voidaan antaa vihje vaihtuvalla kursorilla tai jollakin elementin visuaalisella vihjeellä.
  - Painikkeet ja liukuvalinnat kuvastavat yleisillä käyttöliittymäkomponenttien piirteillään vuorovaikutteisuuttaan, mutta visualisoinnin muut vuorovaikutteiset elementit eivät yleensä automaattisesti kuvasta.
  - Kaikkien elementtien olemassaolon ja toiminnallisuuden merkitys on ilmaistava suhteessa käyttäjän käsitemalliin ja varsinaisiin tavoitteisiin (vrt. Cooper et al. 2007, 569).
  - Käyttäjä muodostaa ymmärrystään vuorovaikutteisesta järjestelmästä osoittamalla vuorovaikutteisia elementtejä ja käyttämällä järjestelmän toimintoja (vrt. Berg 2012, 23; Burmester et al. 2010).
  - Tarkkailemalla toimintansa seurauksia käyttäjä tekee päätelmiä eri ulottuvuuksien yhteyksistä (Berg 2012, 23).
  - Fyysinen vuorovaikutus järjestelmän kanssa tuntuu käyttäjältä luonnolliselta, joten käyttäjille on tarjottava suoraa käsittelyä (engl. direct manipulation) ja graafisia valitsimia (vrt. Nielsen 1994a, 153; Cooper et al. 2007, 570).
  - Rakenteen paljastava vuorovaikutus lisää informaation ymmärrettävyyttä (Berg 2012, 23 & 29).
  - Visualisoinnin tarinankerronnallisilla rakenteilla voidaan ohjeistaa käyttämään visualisoinnin vuorovaikutteisia elementtejä (Heer & Shneiderman 2012).

- **Korostetaanko yleiskuvan kannalta tärkeitä asioita myös tekstillä?**
  - Staattisia tekstejä on käytettävä niiden edistäessä välitöntä yleiskuvan saamista, dynaamisia tekstejä syvämmässä datan tutkimisessa (Hullman et al. 2011, 2218).
  - Visualisoinnin elementtien ja niiden piirteiden on kuvastettava niillä esitetyn informaation merkityksellisyyttä tai toiminnon vaikuttavuutta käyttäjän osatavoitteissa. Visualisoinnin käytön tehtäviä ovat yleiskatsaus, tarkennus, suodatus, lisäinformaation haku, vertaaminen ja historian haku sekä datan osajoukon ja syöteparametrien purkaminen (Shneiderman 1996, 337).
- **Saako elementeistä ja muusta tiivistetystä sisällöstä lisäinformaatiota niitä osoittamalla?**
  - Tiedosta on tarjottava useita abstraktiotasoja (Zuk & Carpendale 2006).
  - Visuaalisesti esitetty informaatio olisi aina esitettävä myös vaihtoehtoisella tavalla (Hornbæk & Frøkjær 2002, 489).
  - Käyttäjän osatavoitteiden (yleiskuva, tarkennus, suodatus ja lisäinformaatio) tehokasta suoritusta voidaan tukea informatiivista kuormitusta ehkäisevillä toimenpiteillä: suodatuksella, osittamisella ja tiivistämisellä. (Vrt. Shneidermanin 1996; McShane 2008, 324.)
  - Rakenteen paljastava vuorovaikutus lisää informaation ymmärrettävyyttä (Berg 2012, 23 & 29).
  - Staattisia tekstejä on käytettävä niiden edistäessä välitöntä yleiskuvan saamista, dynaamisia tekstejä syvämmässä datan tutkimisessa (Hullman et al. 2011, 2218).
  - Fyysinen vuorovaikutus järjestelmän kanssa tuntuu käyttäjältä luonnolliselta, joten käyttäjille on tarjottava suoraa käsittelyä (engl. direct manipulation) ja graafisia valitsimia (vrt. Nielsen 1994a, 153; Cooper et al. 2007, 570).
  - Kaikissa työkalupalkin toiminnoissa ja toiminnallisissa ikoneissa olisi käytettävä selitetekstejä (Cooper et al. 2007, 573).
  - Käyttäjä tekee päätelmiä eri ulottuvuuksien yhteyksistä tarkkailemalla toimintansa seurauksia (Berg 2012, 29).
  - Käyttäjä muodostaa ymmärrystään vuorovaikutteisesta järjestelmästä osoittamalla vuorovaikutteisia elementtejä ja käyttämällä järjestelmän toimintoja (vrt. Berg 2012, 29; Burmester et al. 2010).
- **Ohjataanko huomio tärkeisiin asioihin vuorovaikutteisia elementtejä osoitettaessa?**
  - Esimerkiksi ympyrän piirtäminen osoitettuun elementtiin tai graafin huippukohtaan ohjaa huomiota. On kuitenkin huomioitava, että vaikka graafiset huomautukset mahdollistavat korkean käyttökokemuksen, niistä puuttuu suora yhteys perustana olevaan dataan. (Heer & Shneiderman 2012, 52.)

- Luettavia kohtia on korostettava suurella kontrastilla, taustatekijöitä vähäisellä (Metsämäki 1995, 36).
- **Jos visualisoinnissa on useampia näkymiä, onko ne synkronoitu?**
  - Monimutkaista sisältöä voi olla hyödyllistä käsitellä useammassa eri ikkunassa erilaisilla työkaluilla. Erillisiä näkymiä pitäisi voida vertailla ja niiden järjestystä vaihtaa. Näkymät tulisi olla myös keskenään synkronoituja eli arvoja käsiteltäessä yhdessä näkymässä tapahtuvat muutokset tulisi näkyä myös muissa näkymissä. Erillisissä näkymissä arvojen korrelaatio pitäisi olla selvästi havaittavissa esittämällä samat arvot samalla arvoasteikolla. (Vrt. Heer & Shneiderman 2012; Carr 1999.)
  - Erillisten näkymien järjestys pitäisi olla vaihdettavissa (Heer & Shneiderman 2012).
- **Onko käyttäjän annettu vapaasti muokata esitysparametreja vain jos datajoukosta ei voi päätellä parhaita mahdollisia oletusarvoja?**
  - Visualisoinnille tulisi mahdollisuuksien mukaan valita sopivat oletusarvot tai automaattisesti päätellä datajoukosta sopivat esitysparametrit, jotta visualisointi välittäisi mahdollisimman paljon tietoa (van Wijk 2005, 83).
  - Vuorovaikutteisuus voi aiheuttaa väärintulkintaa, jos käyttäjä saa liian vapaasti muokata esitysparametreja. Asettaessaan epäsoyvät arvot käyttäjälle ei välity tarpeeksi informaatiota ja väärintulkinnan mahdollisuus kasvaa. (van Wijk 2005, 83.)
- **Onko käyttäjän tehtävät sidottu aiemmin opittuun?**
  - Visualisoinnin käytön tehtäviä ovat yleiskatsaus, tarkennus, suodatus, lisäinformaation haku, vertaaminen ja historian haku sekä ja datan osajoukon syöteparametrien purkaminen (Shneiderman 1996, 337). Aiempien, helpompien tehtävien on tuettava seuraavia, monimutkaisempien tehtäviä (vrt. Hornbæk & Frøkjær 2002; Shneiderman 1996, 337).
  - Tuttuus – hyödynnä käyttäjän aiempaa tietoa (IBM 2004).
  - Käytä standardisoituja esitys- ja toimintatapoja.
  - Käyttöliittymän täytyy olla ennustettava (Hornbæk & Frøkjær 2002, 489).

### 7.3.2 Tulkinnan todennettavuus

- **Tarjotaanko visuaalisille vihjeille lähtöarvot?**
  - Visuaalinen informaatio tulisi olla ymmärrettävissä myös puutteellisilla tiedoilla ja olisi esitettävä myös vaihtoehtoisella tavalla (Hornbæk & Frøkjær 2002, 489, 500).

- Visualisoidun datan lähtöarvot tulisi olla saatavilla, jotta visuaalisen esityksen tulkinnan oikeellisuus olisi vahvistettavissa ja esitys voitaisiin ymmärtää paremmin. (Vrt. Heer & Shneiderman 2012.)
- Jos visuaalinen vihje kuvaa vain arvojen suhteellista eroa, käyttäjä saa tekstimuodosta tarkat arvot.
- Ensimmäisen kerran visualisoinnin nähdessään havaitsija käy läpi kolme vaihetta (vrt. Carpenter & Shah 1998): visuaalisen koodauksen havaitsemisen ja tulkinnan, elementtien visuaalisten vihjeiden keskinäisten suhteiden tunnistamisen ja niiden vertaamisen lähtöarvoihin.
- **Onko visuaalinen informaatio esitetty myös vaihtoehtoisella tavalla?**
  - Vaihtoehtoisella esitystavalla voidaan lisätä todennäköisyyttä, että käyttäjä hyödyntää oikeaa aiempaa tietämystään (Hullman et al. 2011, 2220).
  - Visuaalinen informaatio tulisi olla ymmärrettävissä myös puutteellisilla tiedoilla ja olisi esitettävä myös vaihtoehtoisella tavalla (vrt. Hornbæk & Frøkjær 2002, 489, 500).
  - Järjestelmän käytön tulisi olla tehokasta sekä aloittelijoille että kokeneille käyttäjille (Hornbæk & Frøkjær 2002, 501).
  - Käyttöliittymäsuunnittelussa on seurattava keskeisimmän käyttäjäpersoonan (käytettävyytystutkimusmenetelmä) käsitelmää (Cooper et al. 2007, 105).
  - Käyttäjä ei saisi missään vaiheessa kokea itseään ymmärtämättömäksi (Cooper et al. 2007, 97).
  - Käyttäjän ei voida olettaa opettelevan enempää järjestelmän käyttöä kuin tämän tehtävien suoritus vaatii, vaan heidän ymmärryksensä järjestelmästä on yleensä vajaa (Hornbæk & Frøkjær 2002, 500).
  - Ensimmäisen kerran visualisoinnin nähdessään havaitsija käy läpi kolme vaihetta (vrt. Carpenter & Shah 1998): visuaalisen koodauksen havaitsemisen ja tulkinnan, elementtien visuaalisten vihjeiden keskinäisten suhteiden tunnistamisen ja niiden vertaamisen lähtöarvoihin.
- **Kerrotaanko ohjeissa selitykset visuaalisille vihjeille?**

### 7.3.3 Informaation käsittelyn tehokkuus

- **Hyödynnetäänkö jo kerran haettua ja käsiteltyä dataa?**
  - Vuorovaikutteisen visualisoinnin vaarana on pitkä uudelleenlaskenta-aika (Van Wijk 2005, 83). Informaation käsittelyssä on tasapainoiltava sujuvan käyttökokemuksen ja muistitilan liiallisen kuormituksen välillä: Jos käsiteltyä dataa säilytetään suuria määriä muistissa, etenkin mobiililaitteen muisti saattaa kuormit-

tua liiaksi. Toisaalta dataa haettaessa ja käsiteltäessä toistuvasti uudelleen käyttökokemus voi heikentyä tiedonkäsittelyajan pitkittyessä.

- Pitkä tiedonkäsittelyaika voi häiritä käyttäjän keskittymistä (vrt. Van Wijk 2005, 83; Shneiderman & Bederson 2005).

### 7.3.4 Eritasoisten käyttäjien huomioiminen

- **Onko visualisointi ymmärrettävissä myös puutteellisilla tiedoilla?**
  - Informaatio tulisi esittää siten, että se on ymmärrettävissä puutteellisilla tiedoilla (Hornbæk & Frøkjær 2002, 500).
  - Käyttäjälle olisi esitettävä kaikki tarvittava tieto asiayhteydestä oikealla tarkkuudella (Steele & Iliinsky 2011, 91).
- **Kerrotaanko ohjeissa visualisoinnin merkitys?**
- **Ohjeistetaanko visualisoinnin käyttöä?**
- **Onko ohjeistus sidottu aloittelijan käsitelmään ja tavoitteisiin?**
  - Suunnittele keskivertokäyttäjälle, tarjoa ohjeet alemman tason käyttäjälle (Cooper et al. 2007).
  - Sido esitettävä informaatio käyttäjän ymmärtämään asiayhteyteen (Cooper et al. 2007, 30).
  - Järjestelmässä pitäisi olla yhteys todelliseen maailmaan (Nielsen 1994a, 153).
  - Käyttäjä ei yleensä ymmärrä teknisiä termejä.
  - Käytä tuttuja käsitteitä ja luonnollista kieltä (Nielsen 1994a, 157).
- **Tarjotaanko kokeneille käyttäjille toimintoja ja näkymiä, jotka tehostavat oivalluksia?**
  - Oivalluksia tehostavat toiminnot ja näkymät eivät saisi häiritä keskivertokäyttäjän ymmärryksen muodostumista visualisoinnista. (Vrt. Hullman et al. 2011, 2213.)
  - Järjestelmän käytön tulisi olla tehokasta sekä aloittelijoille että kokeneille käyttäjille (Hornbæk & Frøkjær 2002, 501).
  - Suunnittele keskivertokäyttäjälle sekä tarjoa ohjeet aloittelijalle ja tehokkaita toimintoja kokeneelle käyttäjälle (vrt. Cooper et al. 2007, 569; Hullman et al. 2011).
  - Järjestelemällä elementtejä datajoukosta voidaan tehokkaasti löytää säännönmukaisuuksia ja ryhmiä. Yleisin tapa järjestää tuloksia on yhden tai useamman ominaisuuden perusteella. (Heer & Shneiderman 2012.)
- **Asetetaanko visualisoinnille datajoukon ymmärtämisen kannalta parhaat mahdolliset esitysparametrit?**



- Visualisoinnille on pyrittävä määrittelemään automaattisesti sellaiset arvot, että mahdollisimman paljon merkityksellistä tietoa välittyy käyttäjälle (van Wijk 2005, 83).
- Vuorovaikutteisuus voi aiheuttaa väärintulkintaa, jos käyttäjän annetaan liian vapaasti muokata esitysparametreja. Asettaessaan epäsopivat arvot käyttäjälle ei välity tarpeeksi informaatiota ja väärintulkinnan mahdollisuus kasvaa. (Van Wijk 2005, 83.)
- **Korostetaanko tärkeimpiä asioita (esim. toimintapainikkeita ja tekstejä) ikoneilla?**
  - Tärkeimmät tekstit on esitettävä listana ja niitä on tuettava graafisilla ikoneilla (Cooper et al. 2007, 573).
  - Ikonien on kuvastettava käyttäjän käsitelmalleja ja osatavoitteita (vrt. Cooper et al. 2007, 569; Shneiderman 1996, 337).
- **Onko vaikeaselkoiset tai vaikeasti havaittavat näkymämuutokset animoitu?**
  - Jos muutos tapahtuu muualla kuin vuorovaikutuksen aiheuttavassa elementissä, varsinkin havainnoinnin ääreisalueella, muutos on esitettävä selkeästi. Animaatiolla voidaan kiinnittää tehokkaasti käyttäjän huomio merkittävään muutokseen havainnoinnin reuna-alueella (vrt. Heer & Robertson 2007).
  - Tärkeimmät muutokset on animoitava, jotta ne olisivat intuitiivisesti ja nopeasti ymmärrettävissä, varsinkin jos käyttäjän ajattelukyky ei muuten riitä muutoksen ymmärtämiseen. (Hullman et al. 2011, 2218.)
  - Heer ja Robertson (2007) esittävät animaatiolle neljää vahvuutta: Se kiinnittää tehokkaasti käyttäjän huomion myös havainnoinnin reuna-alueella, kuvaa alkutilan ja lopputilan yhteyttä, kuvaa syy-seuraussuhdetta sekä voi olla lumoava ja lisätä kiinnostusta asiaan.
  - Rakenteen paljastava vuorovaikutus lisää informaation ymmärrettävyyttä (Berg 2012, 23 & 29).

## 7.4 Saavutettavuus

### 7.4.1 Saavutettavan teknologian käyttö

- **Toimiiko visualisointi mobiililaitteella ja kosketusnäytöllä?**
  - Visualisointia voidaan käyttää hyvin erilaisilla päätelaitteilla.
  - Eri päätelaitteille skaalautuvia tekniikoita ovat esimerkiksi Javascript, canvas ja standardeihin perustuvat svg-grafiikka ja css. Heikkouksia on havaittu Javassa ja Flashissa.
- **Onko osoitustoiminnallisuuden informaatio saatavissa myös klikkaamalla?**

- Kaikki päätelaitteet eivät tue osoitustoiminnallisuutta.
- **Toimiiko visualisointi yleisimmillä selaimilla (Internet Explorer, Mozilla Firefox, Google Chrome)?**
  - Yleisimpiä selaimia ovat Internet Explorer, Mozilla Firefox, Google Chrome (W3Schools).

#### 7.4.2 Esteetön tiedon esittäminen

- **Onko visualisointi ymmärrettävissä myös ilman värejä?**
  - Värien havainnoinnissa on suuria yksilökohtaisia eroja, joten värillä esitetty informaatio tulisi esittää myös vaihtoehtoisella tavalla. Lisäksi eri päätelaitteet toistavat värit hyvin eri tavoin.
  - 10 prosentilla miehistä ja 1 prosentilla naisista on heikkouksia näkökyvyssä (Ware 2004, 99).
  - Visuaalinen informaatio tulisi olla ymmärrettävissä myös puutteellisilla tiedoilla ja olisi esitettävä myös vaihtoehtoisella tavalla (vrt. Hornbæk & Frøkjær 2002, 489, 500).
  - Visuaalisen vihjeen tulkinnan oikeellisuus tulisi olla tarkistettavissa lähtöarvoista (Heer & Shneiderman 2012).
  - Selaimen asennettavalla liitännäisellä voi selvittää, onko merkittävä informaatio saatavissa myös ilman värejä ja onko visualisointi saavutettava myös värisekeille.
  - Värisokea erottaa toisistaan todennäköisimmin sinisen, keltaisen, mustan ja valkoisen (Sinkkonen et al. 2006, 134).
- **Onko elementeissä kuvattu saman ominaisuuden eri arvoja vaikeasti toisistaan erotettavilla väreillä?**
  - Suurin osa värien havaitsemisen heikkouksista johtuu pitkien tai keskipitkien aallonpituuksien tappisolujen vähydestä, mistä johtuu esimerkiksi punaisen ja vihreän värin erottamisen vaikeus (Ware 2004, 99–100).
  - Toisistaan vaikeasti erotettavia värejä ovat punainen, ruskea, vihreä, harmaa ja sinipunainen, etenkin jos niitä käytetään rinnakkaisina väreinä (Sinkkonen et al. 2006, 134).

#### 7.4.3 Sosiaalinen ulottuvuus ja datan uudelleenkäyttö

- **Tuetaanko visualisoinnissa sosiaalinen ulottuvuus?**
  - Havainnoinnin ja kognition lisäksi visualisoinnissa on huomioitava ja tuettava sosiaalinen ulottuvuus. Visualisoinnin jakaminen mahdollistaa erilaiset tulkinnat, keskustelut ja visualisoinnin paremman näkyvyyden. (Heer & Shneiderman

2012, 53.) Visualisointi voi olla jaettavissa sellaisenaan, staattisena kuvana tai linkkinä.

- Suuren datajoukon ymmärtämistä voidaan tukea tarjoamalla käyttäjille yhteisöllisen graafisten huomautusten lisäämisen, visualisointijärjestelmän tietyn näytteen tallentamisen ja jakamisen sekä keskustelun toiminnallisuudet (vrt. Heer et al. 2007).
- **Saako visualisoinnin datan tallennettua?**
  - Havainnoinnin ja kognition lisäksi visualisoinnissa on huomioitava ja tuettava sosiaalinen ulottuvuus. Visualisoinnin jakaminen mahdollistaa erilaiset tulkinnat, keskustelut ja visualisoinnin paremman näkyvyyden. (Heer & Shneiderman 2012, 53.)
  - Data on uudelleenkäytettävissä ja jaettavissa tallennettaessa se ulkoiseen tiedostoon (vrt. Heer & Shneiderman 2012, 53).
  - Esitysparametrien ja datan tai sen osajoukon purkaminen ja tallentaminen ulkoiseen tiedostoon voi vahvistaa tulkintoja (vrt. Heer & Shneiderman 2012, 53; Shneiderman 1996, 340). Datan tutkimiseen voi lisäksi löytyä uusia näkökulmia ja ulottuvuuksia.
  - Lähtödatan ja esitysparametrien purkaminen (engl. extract) lisää visualisoinnin elementtien ja datan yhteyden läpinäkyvyyttä ja edelleen visualisoinnin ymmärrettävyyttä, uskottavuutta ja luotettavuutta.
  - Visualisointi on esteettömämpi, jos visuaalinen informaatio on purettavissa tekstimuotoon. Tällöin informaatio on varmasti saavutettavissa myös ruudunlukijalla.

## 8 KRITEERIEEN KATTAVUUDEN TESTAUS

Tämän työn tavoitteena on ollut löytää kattava joukko laadukkuuskriteerejä informaation visualisointien heuristiseen arviointiin. Arvioinnin tueksi heuristiikkaa on laajennettu kysymyksillä ja kehitysvihjeillä, jotka kuvaavat kriteerejä ja ohjeistavat niiden käyttöä. Kriteerien, kysymyksien ja kehitysvihjeiden laadukkuutta arvioidaan kyselytutkimuksella. Tiedonkeruutapana on kyselylomake, jolla selvitetään kriteerien, kysymysten ja kehitysvihjeiden kattavuuden lisäksi niiden ymmärrettävyyttä. Arviointi perustuu vastaajien harkintaan ja ymmärrykseen visualisointien laadukkuudesta. Oma kyselylomake lähetetään käytettävyyden opiskelijoille (kts. Liite 1) ja oma käytettävyyden ammattilaisille, IIS-laboratorion henkilöstölle (kts. Liite 2).

Heurististen sääntöjen, kysymysten ja kehitysvihjeiden ymmärrettävyys ja kohdennettavuus ovat olennaisia ehtoja, jotta heuristiikkaa voisi käyttää erilaisissa arviointikohteissa. Heurististen sääntöjen on katettava informaation visualisoinnin laadukkuuden erityispiirteet, arviointia tukevien kysymysten on ohjeistettava kyseisen säännön käyttöä ja kehitysvihjeiden on kuvattava selkeästi kysymysten aihealueita ja tuettava käytännöllistä suunnittelua.

### 8.1 Testausmenetelmä

Testausmenetelmäksi on valittu kyselytutkimus, koska mitattavat asiat ovat täsmällisiä, kysymykset asetelultaan selkeitä, resursseja on käytettävissä rajoitetusti ja pyritään tavoittamaan suhteellisen suuri, harkinnanvarainen näyte tulevaisuuden asiantuntijoista. Mittausvälineenä kyselylomake on hyvin yleiskäyttöinen. Sen sovellusalue ulottuu aina yhteiskunta- ja käyttäytymistieteellisestä tutkimuksesta mielipidetiedusteluihin, katukyselyihin, soveltuvuustesteihin ja palautemittauksiin (Vehkalahti 2008, s. 11). Ovaska et al. (2005, s. 7) esittävät, että kyselylomakkeella voidaan tavoittaa monta vastaajaa suhteellisen helposti ja vähäisillä resursseilla. Lomake sopii erityisesti selväpiirteisiin kysymyksiin. (Ovaska et al. 2005, s. 7.)

Kyselylomakkeen haasteiksi on esitetty oikeiden asioiden mittaamisen vaikeus, kysymysten esittäminen yksiselitteisesti mutta ei kuitenkaan liian rajoittavasti, sopivan ajankohdan valinta kyselylle sekä vastaajan vastausväsymys ja vastausten kattavuus (Vehkalahti 2008 s. 12 & 48). Ovaska et al. (2005, s. 7) luettelevat vaaroiksi lomakkeen suunnittelun haasteellisuuden, vastausprosentin mahdollisen alhaisuuden ja väärinymmärretyt kysymykset. Tässä tutkimuksessa osa esitetyistä haasteista ovat epäolennaisia, koska kyselyllä ei mitata vastaajan yksilöllisiä ja piilossa olevia mielipiteitä, asenteita ja arvoja (vrt. Vehkalahti 2008, s. 12). Kysymykset ovat selkeitä, mutta niihin vastaaminen

vaatii ymmärrystä käytettävyydestä. Tavoitteena on löytää yleisesti koettuja kehittämis-kohtia arviointikohteen sisällön kattavuudessa ja kirjallisten esitysten selkeydessä.

## 8.2 Testauksen toteutus

Omat kyselyt lähetetään kahdelle eri kohderyhmälle: IIS-laboratorion henkilöstölle ja Verkkopalvelun laadukkuus ja arviointi -opintojakson opiskelijoille (kts. Liitteet 1 ja 2). Kyselyt eroavat vain taustakysymysten osalta. Opiskelijoiden joukko voi olla laadukkuuden arvioinnin kokemukseltaan hyvinkin vaihteleva, joten vastaajista on kerättävä enemmän taustatietoa. IIS-laboratorion henkilöstöllä oletetaan olevan selvästi enemmän kokemusta laadukkuuden arvioinnista.

Kyselytutkimuksen tulokset analysoidaan ja heuristiikkaa kehitetään selkeiden kehittämiskohtien perusteella. Tällaisia voivat olla kysymysten ja kriteerien sanallinen muotoilu. Mahdollisesti tarpeelliset kehittämiskohdat, joiden merkityksestä ei ole selvää näyttöä, lisätään jatkotutkimustarpeisiin.

## 8.3 Hypoteesit

Tutkimuksessa on käsitelty informaation visualisoinnin laadukkuuden erityispiirteitä, joten heuristisissa säännöissä ei huomioida yleisiä käytettävyyden laadukkuustekijöitä. Heuristiikassa esitetään pääasiassa sellaisia laadukkuuden tekijöitä, joilla on erityinen merkitys tai joilla on selkeä eroavaisuus informaation visualisoinnin asiayhteydessä suhteessa muihin visuaalisiin käyttöliittymiin.

Kyselyiden vastauksissa esitetään todennäköisesti sellaisia yleisen käyttöliittymän ja sisällön laadukkuuden puutteita heuristiikassa kuin tekstin luettavuus tai esitetyn informaation puolueettomuus. Osa kriteereistä voi lisäksi joidenkin vastaajien mielestä sopia toiseen osa-alueeseen riippuen asian tarkastelun näkökulmasta. Etenkin merkityksellistämisen ja käytettävyyden osa-alueiden välillä voi olla tällaisia yhteyksiä. Myös heurististen kriteerien, kysymysten ja kehitysvihjeiden käsitteistöä voidaan joutua selventämään.

## 8.4 Tulokset

Kyselyssä haasteelliseksi koettiin arvioitavan kohteen laajuus. Arviointikysymyksiä on noin 60, joten niiden arviointi ja koko heuristiikan kattavuuden arviointi on haastavaa ja työlästä. Lisäksi kriteerien ja osa-alueiden syvällinen ymmärtäminen vaatii aiempaa tietämystä laadukkuudesta. Toisaalta arviointikysymyksiä toivottiin lisää, toisaalta niiden suuri määrä nähtiin aiheuttavan arviointiprosessista liian raskaan.

Ensimmäisen, IIS-laboratorion henkilöstölle tehdyn kyselyn vastauksissa esitettiin parannusehdotuksia arviointikysymyksiä muodolle sekä osa-alueiden nimeämiselle ja kriteerien sijoittumiseen niihin. Vastaajia oli kuusi. Ehdotusten perusteella kysymyksiä muotoiltiin selkeämmiksi sekä Merkityksellistäminen- ja Käytettävyys -osa-alueet nimettiin uudelleen Ymmärtämisen tukeminen- ja Analyysiprosessin tukeminen -osa-alueiksi. Sosiaalisen ulottuvuus ja datan uudelleenkäyttö -kriteeri siirrettiin Saavutettavuus -osa-alueesta Ymmärtämisen tukeminen -osa-alueeseen, koska aiempaan sijaintiin se ei koettu sopivan. Uudelleennimeäminen ja siirto oli tarpeellinen, koska juuri analyysitoiminnoilla tiedon jalostamisen tukemista kriteerissä käsitellään. Kysymykseen toivottiin esimerkkejä ja selvennyksiä, ettei asioihin tarvitsisi niin usein tutustua lukemalla kehitysvihjeitä. Toisaalta WesQu -arviointityökalussa kysymyksen kohtaiset kehitysvihjeet ovat helposti luettavissa kysymysten yhteydessä. Heuristiikkaan lisättiin myös joitakin kokonaan uusia arviointikysymyksiä ja kehitysvihjeitä. Alla on esitetty kyselyn jälkeen paranneltu kriteeristö (Taulukko 3).

Osa-alue	Heuristinen sääntö (kriteeri)
A) Havainnointi	1. Visuaalisen vihjeen tehokkuuden ja kuvattavan asian tärkeyden yhteys 2. Värien merkitysten ja keskinäisten suhteiden huomioiminen 3. Kognitiivisen kuormituksen vähentäminen
B) Ymmärtämisen tukeminen	4. Visualisoinnin sitominen ympäröivään maailmaan ja käyttäjän tukeminen itseohjautuvaan ajatteluun 5. Sisäinen ja ulkoinen yhtenäisyys ja johdonmukaisuus
C) Analyysiprosessin tukeminen	6. Informaation haun osatavoitteita tukeva vuorovaikutus 7. Tulkinnan oikeellisuuden todennettavuus 8. Informaation käsittelyn tehokkuus 9. Eritasoisten käyttäjien huomioiminen 10. Sosiaalinen ulottuvuus ja datan uudelleenkäyttö
D) Saavutettavuus	11. Saavutettavan teknologian käyttö 12. Esteetön tiedon esittäminen

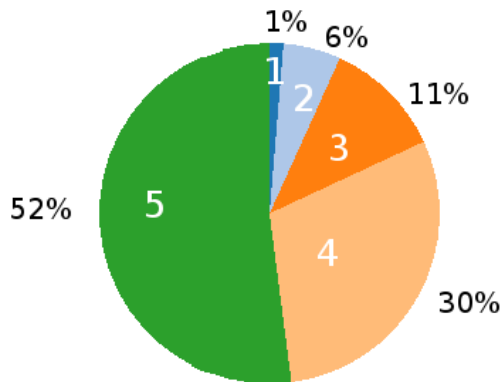
*Taulukko 3: Ensimmäisen kyselyn perusteella päivitetty heuristiikka.*

Heuristiikan päivityksen jälkeen lähetettiin uusi verkkokysely, tällä kertaa Verkko-palvelun laadukkuus ja arviointi -opintojakson opiskelijoille. Heuristiikan laadukkuuden kattava arviointi vei oletettua enemmän aikaa, eikä kaikilla vastaajilla sitä ollut. Kuitenkin kyselyyn vastasi yhteensä 49 opiskelijaa ja useita hyviä kehityskohtia esitettiin.

Kuvan 15 kaaviot esittävät heuristiikan arviointikysymysten ymmärrettävyyttä ja yksiselitteisyyttä arvioivien lomakkeen kysymysten vastauksia. Kaavioista voi päätellä, että arviointikysymykset olivat pääosin helposti ymmärrettäviä ja yksiselitteisiä.

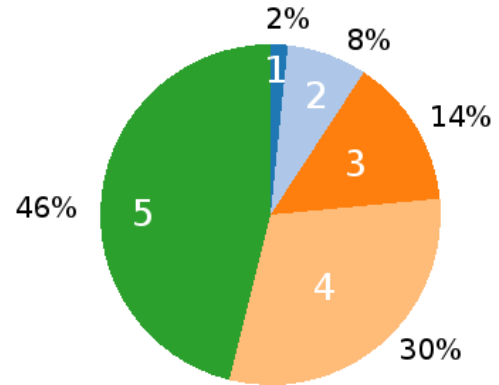
## Kysymysten ymmärrettävyys (N=49)

(1) vaikeaselkoinen &lt;&gt; helposti ymmärrettävä (5)



## Kysymysten yksiselitteisyys (N=49)

(1) tulkinnanvarainen &lt;&gt; yksiselitteinen (5)



Kuva 15: Laajennetun heuristiikan arviointikysymysten ymmärrettävyyttä ja tulkinnanvaraisuutta arvioivien kysymysten tulokset.

Havainnointi- ja Ymmärtämisen tukeminen -osa-alueilla (kts. Taulukko 4) oli ymmärrettävyydeltään haasteellisimmat arviointikysymykset. Havainnointi -osa-alueen kysymyksistä 11,6 % sai arvosanan 1 tai 2 ja Ymmärtämisen tukeminen -osa-alueen kysymyksistä 7,8 %. Havainnointi -osa-alue on siis selvästi ymmärrettävyydeltään haasteellisempi ja vaatii arvioijalta eniten aiempaa tietämystä aihepiiristä. Kahdessa muussa osa-alueessa vastaavat luvut olivat alle 6 %. Samoin kuin ymmärrettävyydessä, myös tulkinnanvaraisuudessa haasteellisimmat arviointikysymykset olivat Havainnointi- ja Ymmärtämisen tukeminen -osa-alueilla (kts. Taulukko 4). Havainnoinnin kysymyksistä 14,1 % sai arvosanan 1 tai 2 ja Ymmärtämisen tukemisen kysymyksistä 11,7 %. Kahdessa muussa osa-alueessa vastaavat luvut olivat noin 7 %. Havainnointi -osa-alueessa kaikissa kolmessa kriteerissä kysymyksistä 12,6 % sai tulkinnanvaraisuudesta arvosanan 1 tai 2.

**Arviointikysymysten ymmärrettävyys osa-alueittain (N=49)**

(1) vaikeaselkoinen &lt;&gt; helposti ymmärrettävä (5)

<b>Osa-alue / arvosana</b>	1	2	3	4	5
A) Havainnointi	3.0%	8.6%	14.2%	31.0%	43.1%
B) Ymmärtämisen tukeminen	2.0%	5.8%	10.6%	35.3%	46.0%
C) Analyysiprosessin tukeminen	0.5%	4.7%	11.6%	31.4%	51.5%
D) Saavutettavuus	0.5%	1.8%	4.9%	17.1%	75.5%

**Arviointikysymysten yksiselitteisyys osa-alueittain (N=49)**

(1) tulkinnanvarainen &lt;&gt; yksiselitteinen (5)

<b>Osa-alue / arvosana</b>	1	2	3	4	5
A) Havainnointi	3.5%	10.6%	16.5%	30.5%	38.6%
B) Ymmärtämisen tukeminen	3.1%	8.6%	13.8%	34.9%	39.4%
C) Analyysiprosessin tukeminen	0.4%	6.3%	14.9%	31.8%	46.4%
D) Saavutettavuus	1.5%	5.7%	7.5%	21.0%	64.0%

*Taulukko 4: Arviointikysymysten ymmärrettävyys ja yksiselitteisyys osa-alueittain.*

Havainnointi -osa-alueen Visuaalisen vihjeen tehokkuuden ja kuvattavan asian tärkeyden yhteys -kriteerissä arvosanan 1 tai 2 sai 25,1 % arviointikysymyksistä (kts. Taulukko 5). Kysymyksissä ”visuaalinen vihje” -käsite oli vastausten perusteella vaikeasti ymmärrettävä. Siksi kysymyksissä tulisi mainita esimerkinomaisesti visuaalisiksi vihjeiksi esimerkiksi koko, väri ja sijainti. Myös muita kyselyn perusteella hankalasti ymmärrettävien käsitteitä tulisi selittää arviointikysymyksissä, vaikka kysymykset pitäisivät selvästi. Tällöin havainnoinnin osa-alueen kysymyksistä saataisiin ymmärrettävämpiä.



**Heurististen sääntöjen arviointikysymysten  
ymmärrettävyys (N=49)**

(1) vaikeaselkoinen <> helposti ymmärrettävä (5)

<b>Heuristinen sääntö / arvosana</b>	1	2	3	4	5
A.1 Visuaalisen vihjeen tehokkuuden ja kuvattavan asian tärkeyden yhteys	4.7%	20.4%	17.6%	35.3%	21.7%
A.2 Värien merkitysten ja keskinäisten suhteiden huomioiminen	3.0%	4.8%	14.6%	29.8%	47.5%
A.3 Kognitiivisen kuormituksen vähentäminen	1.5%	7.1%	10.7%	30.1%	50.5%
B.4 Ymmärtämisen tukeminen	3.0%	5.6%	12.8%	36.4%	42.0%
B.5 Sisäinen ja ulkoinen yhtenäisyys ja johdonmukaisuus	0.0%	6.2%	6.2%	33.3%	54.1%
C.6 Informaation haun osatavoitteita tukeva vuorovaikutus	0.4%	5.4%	12.1%	33.6%	48.3%
C.7 Tulkinnan oikeellisuuden todennettavuus	0.6%	4.8%	15.2%	23.6%	55.5%
C.8 Informaation käsittelyn tehokkuus	2.0%	4.1%	6.2%	33.3%	54.1%
C.9 Eritasoisten käyttäjien huomioiminen	0.3%	3.1%	9.0%	32.7%	54.7%
C.10 Sosiaalinen ulottuvuus ja datan uudelleenkäyttö	0.5%	4.6%	11.9%	26.0%	56.7%
D.11 Saavutettavan teknologian käyttö	0.3%	2.4%	5.2%	15.6%	76.3%
D.12. Esteetön tiedon esittäminen	1.0%	0.0%	4.1%	21.8%	72.9%

**Heurististen sääntöjen arviointikysymysten  
yksiselitteisyys (N=49)**

(1) tulkinnanvarainen <> yksiselitteinen (5)

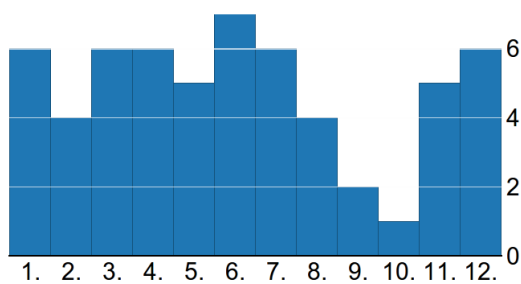
<b>Heuristinen sääntö / arvosana</b>	1	2	3	4	5
A.1 Visuaalisen vihjeen tehokkuuden ja kuvattavan asian tärkeyden yhteys	3.4%	12.2%	21.7%	37.4%	25.1%
A.2 Värien merkitysten ja keskinäisten suhteiden huomioiminen	2.3%	10.3%	13.9%	27.8%	45.6%
A.3 Kognitiivisen kuormituksen vähentäminen	6.1%	10.2%	17.9%	30.7%	34.8%
B.4 Ymmärtämisen tukeminen	3.6%	9.3%	13.4%	34.7%	38.8%
B.5 Sisäinen ja ulkoinen yhtenäisyys ja johdonmukaisuus	2.0%	7.2%	14.5%	35.4%	40.6%
C.6 Informaation haun osatavoitteita tukeva vuorovaikutus	0.4%	6.2%	16.3%	33.7%	43.1%
C.7 Tulkinnan oikeellisuuden todennettavuus	0.6%	6.2%	11.8%	32.6%	48.6%
C.8 Informaation käsittelyn tehokkuus	0.0%	6.2%	20.8%	29.1%	43.7%
C.9 Eritasoisten käyttäjien huomioiminen	0.3%	5.9%	12.5%	32.1%	48.9%
C.10 Sosiaalinen ulottuvuus ja datan uudelleenkäyttö	0.0%	7.8%	13.0%	23.5%	55.4%
D.11 Saavutettavan teknologian käyttö	2.0%	7.2%	8.3%	18.0%	64.2%
D.12. Esteetön tiedon esittäminen	0.0%	1.0%	5.2%	30.2%	63.5%

*Taulukko 5: Arviointikysymysten ymmärrettävyys ja yksiselitteisyys kriteereittäin.*

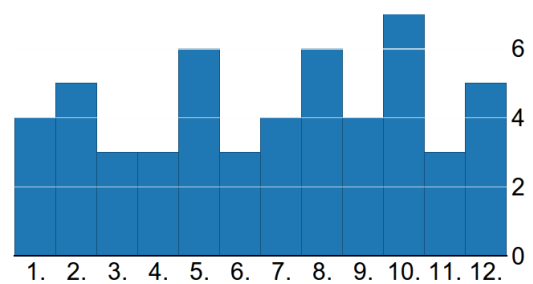
*Kriteerien eteen on merkitty kirjaimella niiden osa-alueet. A viittaa Havainnointi -, B Ymmärtämisen tukeminen -, C Analyysiprosessin tukeminen - ja D Saavutettavuus -osa-alueeseen.*

Heuristiikan kriteereistä tärkeimmäksi koettiin Analyysiprosessin tukeminen -osa-alueen Informaation haun osatavoitteita tukeva vuorovaikutus -kriteeri (C.6, kts. Taulukko 5), turhimmaksi saman osa-alueen Sosiaalinen ulottuvuus ja datan uudelleenkäyttö -kriteeri (C.10, kts. Taulukko 5). (Kts. Kuva 16.)

Tärkeimmät kriteerit



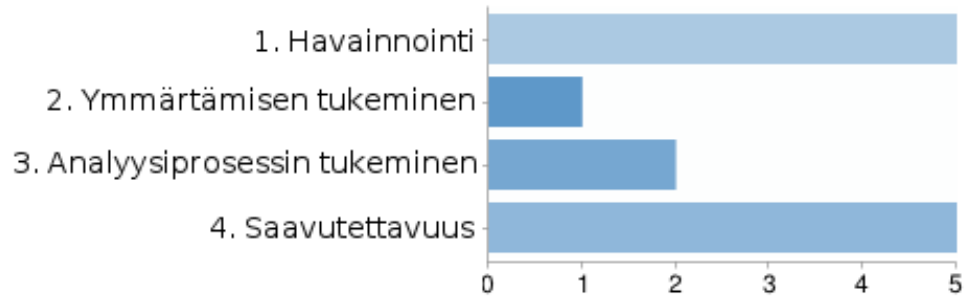
Turhimmat kriteerit



Kuva 16: Tärkeimmiksi ja turhimmiksi koetut kriteerit. Vaaka-akselien numeroita vastaavat kriteerit ja niiden osa-alueet löytyvät taulukosta 5. Pystyakselit kuvaavat vastausten määrää. Tärkeimmäksi kriteeriksi koettiin Informaation haun osatavoitteita tukeva vuorovaikutus ja turhimmaksi Sosiaalinen ulottuvuus ja datan uudelleenkäyttö.

Vastaajat kokivat yleisesti heuristiikan osa-alueet ja kriteerit melko kattaviksi. Ainoastaan 13 vastaajan mielestä joitakin osa-alueita pitäisi painottaa enemmän (Kuva 17). Keskeisimmin osa-alueista nousivat esiin Havainnointi ja Saavutettavuus. Näissä molemmissa painottamistarvetta koki viisi vastaajista. Saavutettavuus -osa-alueessa käsiteltäviksi asioiksi esitettiin muun muassa riittävää kontrastia, visualisoinnin koon muuttamisen mahdollistamista sekä selainten eri versioiden vaikutusta. Havainnointi koettiin muuten tärkeäksi osa-alueeksi, vaikka erityisiä lisäyksiä ei osattu ehdottaa.

Pitäisikö joitakin osa-alueita painottaa enemmän? (N=46)



*Kuva 17: 46 vastaajasta 13 painottaisi jotakin osa-aluetta esimerkiksi lisäämällä arviointikysymyksiä.*

Myös toisen kyselyn vastausten perusteella tehtiin joitakin muutoksia heuristiikkaan. Lopullinen, kyselyiden tulosten perusteella muokattu, kysymyksiin laajennettu heuristiikka löytyy kokonaisuudessaan liitteistä (Liite 3).

Testauksen perusteella heuristiikka vaikuttaa pienten lisäysten ja korjausten jälkeen kohtalaisen kattavalta ja ymmärrettävältä. Heuristiikan toimivuus pitäisi kuitenkin vielä testata käytännössä erilaisilla arviointikohteilla. Tällaisenaan testauksen tuloksia voidaan hyödyntää aiheen jatkotutkimuksissa.

## 9 YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT

Tässä työssä on ollut tavoitteena löytää informaation visualisoinnin laadukkuuskriteerejä tutustumalla aiempiin tutkimuksiin. Lisäksi tarkoituksena on ollut koota asiantuntija-arvioinnin heuristiikka sekä laajentaa sitä arviointia ja suunnittelua tukevilla kysymyksillä ja kehitysvihjeillä. Informaation visualisoinnin laadukkuuden tekijöitä löytyi sekä yleisistä käyttöliittymän laadukkuuden tekijöistä että erityisistä käyttäjän informaation visualisoinnille asettamista osatavoitteista ja -toiminnoista. Listaus on hyödyllinen suunniteltaessa ja arvioitaessa informaation visualisointeja.

Tässä luvussa esitetään testauksen perusteella parannellut laadukkuuskriteerit ja arvioidaan niiden kattavuutta informaation visualisoinnin laadukkuuden määrittäjänä. Liitteissä (Liite 3) on testauksen jälkeen päivitetty versio kriteeristöä, jota ei kuitenkaan ole testattu käytännössä. Toisessa aliluvussa pohditaan tarvetta jatkotutkimukselle.

### 9.1 Kriteerit laadukkuuden määrittäjänä

Tutkimusaineistosta löytyi sisältöanalyysillä ja teemoittelulla informaation visualisoinnin heuristisille säännöille osa-alueet Havainnointi, Merkityksellistäminen, Käytettävyys ja Saavutettavuus sekä jokaiseen niistä kahdesta neljään heuristista sääntöä. Lomakekyselyiden vastausten analysoinnin jälkeen Merkityksellistäminen- ja Käytettävyys -osa-alueet nimettiin uudestaan Ymmärtämisen tukeminen- ja Analyysiprosessin tukeminen -osa-alueiksi. Päivitetyt osa-alueet ja kriteerit esitetään taulukossa 6. Osa-alueet kuvastavat kriteerien luokittelua niissä korostuvien aihealueiden perusteella. Osa-alueet eivät ole itsenäisiä kokonaisuuksia, vaikka taulukossa ne sellaisina esitetäänkin, vaan ne osittain tukevat toisiaan ja limittyvät toisiinsa. Analyysiprosessin tukeminen -osa-alueen Tulkinnan oikeellisuuden todennettavuus -kriteeri voidaan toisaalta ajatella kuuluvan myös ymmärtämisen tukemisen aihealueeseen, mikä kuvaisi enemmän käyttäjän kognitiivista kuin toiminnallista prosessia. Kognitiivisen kuormituksen vähentäminen -kriteeri voisi olla vuorovaikutteisuuden näkökulmasta myös Analyysiprosessin tukeminen -osa-alueessa. Limittyminen on havaittavissa vielä selvemmin arviointikysymyksissä.

Osa-alue	Heuristinen sääntö (kriteeri)
A) Havainnointi	1. Visuaalisen vihjeen tehokkuuden ja kuvattavan asian tärkeyden yhteys 2. Värien merkitysten ja keskinäisten suhteiden huomioiminen 3. Kognitiivisen kuormituksen vähentäminen
B) Ymmärtämisen tukeminen	4. Visualisoinnin sitominen ympäröivään maailmaan ja käyttäjän tukeminen itseohjautuvaan ajatteluun 5. Sisäinen ja ulkoinen yhtenäisyys ja johdonmukaisuus
C) Analyysiprosessin tukeminen	6. Informaation haun osatavoitteita tukeva vuorovaikutus 7. Tulkinnan oikeellisuuden todennettavuus 8. Informaation käsittelyn tehokkuus 9. Eritasoisten käyttäjien huomioiminen 10. Sosiaalinen ulottuvuus ja datan uudelleenkäyttö
D) Saavutettavuus	11. Saavutettavan teknologian käyttö 12. Esteetön tiedon esittäminen

*Taulukko 6: Testauksen tulosten perusteella parannellun informaation visualisoinnin laadukkuuden heuristiikan kriteerit ja niiden luokittelu.*

Havainnointi ja Ymmärtämisen tukeminen -osa-alueet ovat informaation visualisoinnin laadukkuuden arvioinnissa keskeisimpiä, sillä visuaalisen esityksen vahvuus perustuu todistetusti juuri ihmisen hahmoja tunnistavan näköjärjestelmän, verkkomaisesti rakentuneen ajattelun sekä tunnistavan visuaalisen muistiin palauttamisen tehokkuuteen (vrt. Hullman et al. 2011; Heer, J. et al. 2010, s. 59; Burkhard 2004; Shneiderman 1996; Sinkkonen et al. 190–191). Merkittävä on myös Analyysiprosessin tukeminen -osa-alue, jossa korostuu järjestelmän automaattinen ja käyttäjän visuaalinen informaation analyysi, käyttäjän osatavoitteet sekä näitä tukeva suora vuorovaikutus (vrt. Vismaster 2010; Shneiderman 1996; Shneiderman 1997). Osa-alueen kriteereissä merkittävää on myös eritasoisten käyttäjien ohjeistaminen ja tukeminen tehokkaaseen tulkintaan. Saavutettavuutta käsittelevissä kriteereissä korostuvat informaation luotettavuus ja esteettömyys sekä saavutettavuus erilaisilla päätelaitteilla.

Informaation visualisoinnin laadukkuuden heuristiikka kuvaa keskeisimpiä laadukkuustekijöitä. Kokenut kahden alan asiantuntija (vrt. Nielsen 1992, s. 373) pystyy arvioimaan visualisointia pelkästään kriteereillä, kokemattomampaa arvioijaa tuetaan kysymyksillä, tarkennuksilla ja kehitysvihjeillä. Asiantuntija voi tarvita kysymyksiä ainoastaan kriteerin tarkoituksen selvittämiseen, kokemattomampi arvioija pääasiallisena arviointikeinona. Mitä asiantuntevampi heuristiikan käyttäjä on, sitä enemmän tapauskohtaisia merkittäviä kehittämiskohtia visualisoinnista voi löytyä, koska edes ohjaavat kysymykset eivät voi kattaa kaikkia tärkeitä asioita. Asiantuntijuus auttaa lisäksi löytämään useampia pienempiä mutta käyttökokemukseen vaikuttavia kehittämiskohtia (Korvenranta 2005). Mitä useampi kohdetta arvioi, sitä luotettavampi arviointituloks on (Jeffries et al. 1991).

## 9.2 Jatkotutkimus

Tämä tutkimus nosti esiin useita kiinnostavia ja merkittäviä jatkotutkimustarpeita. Kirjallisuuskatsauksen perusteella koottua heuristiikkaa ei ole tässä tutkimuksessa testattu varsinaisessa käytössä vaan sitä on ainoastaan arvioitu kyselyihin vastanneiden harkinnan ja mielikuvien perusteella. Jotta heuristiikan käyttökelpoisuudesta eli hyödyllisyydestä ja yleiskäyttöisyydestä voitaisiin päästä varmuuteen, sillä tulisi arvioida visualisointeja käytännössä. Arvioitavaksi täytyisi valita useita erilaisia visualisointeja ja selvittää heuristiikan hyödyllisyyttä niiden laadukkuuden arvioinnissa, miten heuristiikka kehottaa kehittämään erilaisia arviointikohteita laadukkuuden näkökulmasta.

Heuristisen arvioinnin lähtökohtana on käyttäjän kokemus laadukkuus (Nielsen 1992). Informaation visualisoinnin laadukkuutta olisi hyödyllistä tutkia myös korostetusti datan näkökulmasta, jolloin keskiössä olisi datan tehokas esittäminen sen luonteen perusteella. Tällöin tutkittaisiin sopivia visualisointitapoja tietyn tyyppiselle datalle. Säännönmukaisuuksien löytyminen datan eri luonteiden ja visualisointitapojen yhteydestä olisi merkittävää visualisointien laadukkuuden arvioinnissa.

Lisäksi olisi tärkeää tutkia eri arviointimenetelmien, kuten erilaisten haastattelujen, kyselyiden, havainnoinnin ja läpikäynnin menetelmien sekä tämän tutkimuksen heuristisen arvioinnin, vahvuuksia ja kattavuutta informaation visualisoinnin laadukkuuden arvioinnissa. Eri arviointimenetelmien vahvuuksien löytyttyä voitaisiin esittää kokonaisvaltaisen arvioinnin kattava arviointimenetelmien joukko.

Visualisoinnilla voi paitsi jakaa tietoa sekä laajentaa ja ohjata käyttäjän ajatuksia myös tukea sisällön tuotantoa ja käsittelyä. Vuorovaikutteisella visualisoinnilla voisi tiedon rakenteen paljastamisen lisäksi luoda tai muokata lähtödataa eli esimerkiksi verkkopalvelun sisältöä. Sisällön käsittelyyn visualisointeja ei ole juuri toteutettu, mutta myös tällaista merkittävää mahdollisuutta ja sen laadukkuuden tekijöitä olisi tarpeellista tutkia. Nähdessään visualisoinnista asioita ja niiden yhteyksiä käyttäjä voi löytää muutostarpeita sisällölle tai tarvetta kokonaan uusille sisällöille ja yhteyksille, joiden lisäyksen tai muokkauksen toiminnallisuudet visualisointiin voisi toteuttaa.

Javascriptiin ja css-tyyleihin perustuvalla responsiivisella käyttöliittymällä voidaan ajonaikaisesti piilottaa tai tiivistää verkossa esitettävää tietoa sekä sovittaa näkymä ikkunaan sen koon muuttuessa. Verkkosivustoissa tekniikka on yleistynyt, mutta visualisoinneissa sitä ei kuitenkaan ole vielä yleisesti käytetty. Tutkimus tällä alueella olisi tarpeellista, jotta saavutettaisiin parempaa käyttökokemusta vaihtelevan kokoisilla näyttöpäätteillä. Joissakin tilanteissa käyttäjä voi joutua pienentämään esitysikkunaa myös suurella näyttöpäätteellä, jotta esimerkiksi toisessa ikkunassa esitetty tieto olisi samanlaisesti näkyvissä. Myös ikkunan koon muuttuessa visualisoinnin informaatio pitäisi olla saatavissa.

## LÄHTEET

Aigner, W., Miksch, S., Muller, W., Schumann, H. & Tominski, C. 2008. Visual Methods for Analyzing Time-Oriented Data. Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions, 14:1. Saatavissa: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=4359494>

Amar, R. & Stasko, A. 2004. A Knowledge Task-Based Framework for Design and Evaluation of Information Visualizations. INFOVIS '04 Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization. IEEE Computer Society Washington, DC, USA, 143-150. Saatavissa (rajoitettu käyttöoikeus): <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1038793>

Angeli A., Sutcliffe, A. & Hartmann, J. 2006. Interaction, usability and aesthetics: what influences users' preferences? DIS '06 Proceedings of the 6th conference on Designing Interactive systems, 271 – 280. Saatavissa (rajoitettu käyttöoikeus): <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1142405.1142446>

Ashby, F. G., Isen, A.M. & Turken, A.U. 1999. A neuropsychological theory of positive affect and its influence on cognition. Psychological Review 106, 529-550.

Aslam, M. 2005. Are You Selling the Right Colour? A Cross-Cultural Review of Colour as a Marketing Cue. In I. Pappasolomou (Eds.), Developments and Trends in Corporate and Marketing Communications: Plotting the Mindscape of the 21st Century: Proceedings of the 10th International Conference on Corporate and Marketing Communications, 1-14. Cyprus: InterCollege, Marketing Department, School of Business Administration.

Bateman, S., Mandryk R.L., Gutwin, C., Genest, A., McDine, D. & Brooks, C. 2010. Useful Junk? The Effects of Visual Embellishment on Comprehension and Memorability of Charts. Saatavissa: <http://hci.usask.ca/publications/view.php?id=173>

Berg, M. 2012. Human abilities to perceive, understand, and manage multidimensional information with visualizations. Doctoral Dissertations 30/2012. Helsinki: Aalto University publication series. Saatavissa: <http://lib.tkk.fi/Diss/2012/isbn9789526045498/isbn9789526045498.pdf>

Bresciani, S. & Eppler, M. J. 2008. The Risks of Visualization: a Classification of Disadvantages Associated with Graphic Representations of Information. Saatavissa: <http://www.knowledge-communication.org/pdf/bresciani-eppler-risks-visualization-wpaper-08.pdf>

Burkhard, R. 2004. Learning from architects: the difference between knowledge visualization and information visualization. Information Visualisation 2004. IV 2004. Proceedings. Eighth International Conference. Saatavissa: [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=1320194](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1320194)

Burmester, M., Mast, M., Tille, R. & Weber, W. 2010. How Users Perceive and Use Interactive Information Graphics: an Exploratory Study. Conference publications. Information Design, Stuttgart Media University. 2010 14th International Conference Information Visualisation, 361-368. Saatavissa (rajoitettu käyttöoikeus): [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=5571232](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5571232)

Campus Conexus. [viitattu 22.4.2013]. Verkkolähde: <http://www.campusconexus.fi/>

Card, S. K., Mackinlay, J. D. & Shneiderman, B. 1999. Readings in Information Visualization: Using Vision to Think. Academic Press, San Diego, CA.

Carpenter, P. A. & Shah, P. 1998. A Model of the Perceptual and Conceptual Processes in Graph Comprehension, J. of Exp. Psych.: Appl., 4:2.

Carr, D. 1999. Guidelines for Designing Information Visualization Applications. Linköpings Universitet. Saatavissa: <http://pure.ltu.se/portal/en/publications/guidelines-for-designing-information-visualization-applications%28e56a0660-13a7-11dd-b7d2-000ea68e967b%29.html>

Chabot, C. 2009. Demystifying Visual Analytics. Computer Graphics and Applications, IEEE, 29:2. Saatavissa (rajoitettu käyttöoikeus): <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=4797520>

Cleveland, W.S. & McGill, R. 1987. Graphical Perception: The Visual Decoding of Quantitative Information on Graphical Displays of Data. Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General) 150:3 (1987), 192-229. Saatavissa: <http://www.jstor.org/stable/2981473>

Cleveland, W.S. & McGill, R. 1984. Graphical Perception: Theory, Experimentation, and Application to the Development of Graphical Methods . Journal of the American Statistical Association, 79:387, 531-554. Saatavissa: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01621459.1984.10478080>

Collinsdictionary. [viitattu 4.3.2013]. Saatavissa: <http://www.collinsdictionary.com/dictionary/english>

Cooper, A., Reimann, R. & Cronin, D. 2007. About Face 3: Essentials of Interaction Design. Indianapolis: Wiley Publishing.

Cukier, K. 2010. A special report on managing information. The Economist 394 (8671), 3e18. Saatavissa: <http://www.economist.com/node/15557443>



- Czerwinski, M., Horvitz, E., and Cutrell, E. 2001. Subjective duration assessment: An implicit probe for software usability. *Human-Computer Interaction (IHM- HCI 2001)*, 167-170. Saatavissa: <http://130.203.133.150/viewdoc/summary?doi=10.1.1.18.5977>
- Dong, Y. & Lee, K-P. 2008. A Cross-Cultural Comparative Study of Users' Perceptions of a Webpage: With a Focus on the Cognitive Styles of Chinese, Koreans and Americans. Industrial Design Department, KAIST, Daejeon, Korea. *IJDesign 2:2*. Verkkosivu. [viitattu 17.4.2013]. Saatavissa: <http://www.ijdesign.org/ojs/index.php/IJDesign/article/view/267/163>
- Dutton, D. 2002. Aesthetic Universals. in *The Routledge Companion to Aesthetics*, edited by Berys Gaut and Dominic McIver Lopes (2002). [viitattu 22.2.2013]. Saatavissa: <http://denisdutton.com/universals.htm>
- Edge, D. 2008. Tangible user interfaces for peripheral interaction. Technical report, n. 733. University of Cambridge, computer laboratory. Saatavissa: <http://www.cl.cam.ac.uk/techreports/UCAM-CL-TR-733.pdf>
- Fineman, B. 2004. Computers as People: Human Interaction Metaphors in Human-Computer Interaction. Master's thesis, Carnegie-Mellon University 2004. Saatavissa: [http://pdf.aminer.org/000/345/479/location\\_based\\_personal\\_agents\\_a\\_metaphor\\_for\\_situated\\_computing.pdf](http://pdf.aminer.org/000/345/479/location_based_personal_agents_a_metaphor_for_situated_computing.pdf)
- Forsell, C. & Johansson, J. 2010. An Heuristic Set for Evaluation in Information Visualization. *Proceeding AVI '10 Proceedings of the International Conference on Advanced Visual Interfaces*. Saatavissa (rajoitettu käyttöoikeus): <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1843029>
- Friendly, M. 2009. Milestones in the history of thematic cartography, statistical graphics, and data visualization. Saatavissa (rajoitettu käyttöoikeus): <http://euclid.psych.yorku.ca/SCS/Gallery/milestone/milestone.pdf>
- Furnas, G.W. 1986. Generalized fisheye views, In *Proceedings Human Factors in Computing Systems CHI 86*, 16-23. Saatavissa: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=22342>
- Gentner, D. & Nielsen, J. 1996. The Anti-Mac interface. *Magazine Communications of the ACM CACM Homepage archive*, 39:8, 70-82. Saatavissa (rajoitettu käyttöoikeus): <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=232032>
- Gershon, N., Eick, S.G. & Card, S. 1998. Information visualization. *Interaction*, 5(2), 5 – 15. <http://dx.doi.org/10.1145/274430.274432>
- Gobet, F. 2000. Some shortcomings of long-term working memory. *British Journal of Psychology*, 91, 551-570. Saatavissa: <http://bura.brunel.ac.uk/bitstream/2438/807/1/Ericsson%26Kintsch.pdf>

Gray, W.D. & Salzman, M.C. 1998. Damaged merchandise? A review of experiments that compare usability evaluation methods. *Human-Computer Interaction* 13(3), 203-261. Saatavissa: <http://www.stat.cmu.edu/~eayers/HCI/DamagedMerchandise.pdf>

Halsey R.M. & Chapanis A. 1954. Chromaticity-Confusion Contours in a Complex Viewing Situation. *JOSA*, Vol. 44, Issue 6, 442-454. Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.1364/JOSA.44.000442>

Heer, J. & Robertson, G. 2007. Animated Transitions in Statistical Data Graphics. *IEEE Trans. Visualization & Comp. Graphics (Proc. InfoVis)* 13(6), 1240–1247. Saatavissa: <http://vis.stanford.edu/papers/animated-transitions>

Heer, J., Viégas, F. & Wattenberg, M. 2007. Voyagers and Voyeurs: Supporting Asynchronous Collaborative Information Visualization. *ACM Human Factors in Computing Systems (CHI)*, 1029–1038. Saatavissa: <http://vis.stanford.edu/files/2007-sense.us-CHI.pdf>

Heer, J., Bostock, M. & Ogievetsky, V. 2010. A tour through the visualization zoo. *Communications of the ACM*, 53:6, 59-67. Saatavissa (rajoitettu käyttöoikeus): <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1743567>

Heer, J. & Shneiderman, B. 2012. Interactive dynamics for visual analysis. *Magazine Communications of the ACM*, 55:4, 45-54. Saatavissa: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2133821>

Hertzum, M. & Jacobsen, N.E. 2001. The Evaluator Effect: A Chilling Fact about Usability Evaluation Methods. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 13:4, 421-443. Saatavissa: [http://akira.ruc.dk/~mhz/research/publ/ijhci2001\\_preprint.pdf](http://akira.ruc.dk/~mhz/research/publ/ijhci2001_preprint.pdf)

Hornbæk, K. & Frøkjær, E. 2002. Evaluating user interfaces with metaphors of human thinking. *Universal Access Theoretical Perspectives, Practice, and Experience Lecture Notes in Computer Science* 2615, 486-507. Saatavissa: [http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F3-540-36572-9\\_38](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F3-540-36572-9_38)

Hullman, J., Adar, E. & Shah, P. 2011. Benefitting InfoVis with Visual Difficulties. *Visualization and Computer Graphics*, *IEEE Transactions*, 17:12. Saatavissa (rajoitettu käyttöoikeus): [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=6064986](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6064986)

IBM 2004. Ease of use - Design basics. [viitattu 14.5.2013]. Saatavissa: <http://pesona.mmu.edu.my/~wruslan/SE1/Readings/detail/Reading-55.pdf>

ISO 9241-11, INTERNATIONAL STANDARD, First edition 1998-03-15

Jeffries, R., Miller, J., Wharton, C. & Uyeda, K. 1991. User interface evaluation in the real world: a comparison of four techniques. *Proceeding CHI '91 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 119-124. Saatavissa (rajoitettu käyttöoikeus): <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=108862>

- Keinonen, T. 2004. Tuotteen käytettävyys. Verkkolähde. [viitattu 25.6.2013].  
Saataavissa: <http://www2.uiah.fi/projekti/metodi/058.htm>
- Kellerher, C & Wagener, T. 2011. Ten guidelines for effective data visualization in scientific publications. *Environmental Modelling & Software*. 26:6, 822–827.  
Saataavissa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815210003270>
- Koponen, J. 2012. Pitääkö visualisoinnin olla kaunis? Informaatiomuotoilu.fi — Kuinka tieto tehdään näkyväksi. Blogikirjoitus. [viitattu 6.2.2013]. Saataavissa:  
<http://informaatiomuotoilu.fi/2012/06/pitaako-visualisoinnin-olla-kaunis/>
- Korvenranta, H. 2005. Asiantuntija-arvioinnit. Ovaska, S., Aula, A. & Majaranta, P. (toim.) Käytettävyystutkimuksen menetelmät, s. 111-124. Tampereen yliopisto, Tietojenkäsittelytieteiden laitos B-2005-1.
- Kosara, R. 2007. Visualization Criticism – The Missing Link Between Information Visualization and Art . *Information Visualization 2007. IV '07. 11th International Conference*. Saataavissa (rajoitettu käyttöoikeus):  
[http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=4272046](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=4272046)
- Kosonen, K. 2005. Käytettävyystutkimuksen menetelmien vertailu. Teoksessa Ovaska S., Aula A. & Majaranta P. (toim.) Käytettävyystutkimuksen menetelmät. Tampereen yliopisto, Tietojenkäsittelytieteiden laitos B-2005-1, s. 313–331.
- MacKenzie, S. & Buxton, W. 1992. Extending Fitts' law to two-dimensional tasks. *CHI '92 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 219-226. Saataavissa (rajoitettu käyttöoikeus): <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=142794>
- Mackinlay, J. 1986. Automating the design of graphical presentations of relational information. *Journal ACM Transactions on Graphics (TOG)*. 5:2, 110 – 141. Saataavissa (rajoitettu käyttöoikeus): <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=22950>
- Masud, L., Valsecchi, F., Ciuccarelli, P., Ricci, D. & Caviglia, G. 2010. From Data to Knowledge Visualizations as transformation processes within the Data-Information-Knowledge continuum. 2010 14th International Conference Information Visualisation . Saataavissa (rajoitettu käyttöoikeus): [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=5571196](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5571196)
- McShane, S & Von Glinow, M. A. 2008. *Organizational Behavior*. 4th Edition, McGraw-Hill.
- Metsämäki, M. 1995. *Graafinen käyttöliittymä*. Helsinki: Painatuskeskus Oy.
- Miller, G. 1956. The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information. Saataavissa: <http://cogprints.org/730/>
- Nakakoji, K, Takashima, A. & Yamamoto, Y. 2001. Cognitive effects of animated

visualization in exploratory visual data analysis. Information Visualisation 2001. Proceedings. Fifth International Conference. oo. 77-84. Saatavissa: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=942042>

Nielsen, J. 1992. Finding usability problems through heuristic evaluation. Proceeding CHI '92 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 373-380. Saatavissa (rajoitettu käyttöoikeus): <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=142834>

Nielsen, J. 1993. Usability engineering. Boston: Academic Press.

Nielsen, J. 1994a. Enhancing the explanatory power of usability heuristics. Proceeding CHI '94 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. 152-158. Saatavissa: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=191729>

Nielsen, J. 1994b. Usability inspection methods. Saatavissa (rajoitettu käyttöoikeus); <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=260531%C3%DC>

Nielsen, J. 1995. 10 Usability Heuristics. Jakob Nielsen's Alertbox. Nielsen Norman Group. [viitattu 21.2.2013]. Saatavissa: <http://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>

Norman, D. 2002. Emotion & Design: Emotion and design: Attractive things work better. Interactions Magazine, ix (4), 36-42. [viitattu 30.4.2013]. Saatavissa: [http://www.jnd.org/dn.mss/emotion\\_design\\_at.html](http://www.jnd.org/dn.mss/emotion_design_at.html)

Norman, D. 2004. Emotional Design: Why We Love (or Hate) Everyday Things. Basic Books.

O'Shea, R. P. 1991. Thumb's rule tested: Visal angle of thumb's width is about 2 deg. Perception 20(3), 415-418.

Ovaska, S., Aula, A. & Majaranta, P. 2005. Johdatus käytettävyytutkimukseen. Ovaska, S., Aula, A. & Majaranta, P. (toim.) Käytettävyytutkimuksen menetelmät, 1-16. Tampereen yliopisto, Tietojenkäsittelytieteiden laitos B-2005-1.

Perälä, R. 2005. Arvioijan vaikutus. Teoksessa Ovaska S., Aula A. & Majaranta P. (toim.) Käytettävyytutkimuksen menetelmät. Tampereen yliopisto, Tietojenkäsittelytieteiden laitos B-2005-1, 313–331.

Pirolli, P. and Card, S.K. 1995. Information foraging in information access environments. Proceedings of CHI '95, ACM, 51-58. Saatavissa (rajoitettu käyttöoikeus): <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=223911>

Post, D.L. and Greene, EA. 1986. Color name boundaries for equally bright stimuli on a CRT: Phase I. Society for Information Display, Digest of Technical Papers 86: 70-73.

- Rhyne, T., Tory, M., Munzner, T., Ward, M., Johnson, C. & Laidlaw, D.H. 2003. Information and Scientific Visualization: Separate but Equal or Happy Together at Last. Conference Publications. Visualization 2003. VIS 2003. IEEE. Saatavissa (rajoitettu käyttöoikeus): [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=1250428](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1250428)
- Rowley, J. 2007. The wisdom hierarchy: representations of the DIKW hierarchy. Bangor Business School, University of Wales, Bangor, UK. Saatavissa (rajoitettu käyttöoikeus): <http://jis.sagepub.com/content/33/2/163.short>
- Ryan, T.A. and Schwartz, C.B. 1956. Speed of perception as a function of mode of representation. American Journal of Psychology 69: 60-69.
- Salminen A. 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. Vaasan yliopiston julkaisuja. Opetusjulkaisuja 62. Julkisojohtaminen 4. Saatavissa: [http://www.uva.fi/materiaali/pdf/isbn\\_978-952-476-349-3.pdf](http://www.uva.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf)
- Sease, R. 2008. Metaphor's Role in the Information Behavior of Humans Interacting with Computers. Saatavissa: [www.ala.org/lita/ital/files/27/4/sease.pdf](http://www.ala.org/lita/ital/files/27/4/sease.pdf)
- Segel, E. Heer, J. 2010. Narrative Visualization: Telling Stories with Data. IEEE Trans. Visualization & Comp. Graphics (Proc. InfoVis). Saatavissa: <http://vis.stanford.edu/papers/narrative>
- Schenkman, B. & Jönsson F. 2000. Aesthetics and preferences of web pages. Behaviour & Information Technology. 19:5, 367-377. Saatavissa (rajoitettu käyttöoikeus): <http://dx.doi.org/10.1080/014492900750000063>
- Shneiderman, B. 1996. The eyes have it: a task by data type taxonomy for information visualizations. Visual Languages, 1996. Proceedings., IEEE Symposium, 3-6 Sep 1996, s. 336 – 343. Saatavissa (rajoitettu käyttöoikeus): [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=545307](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=545307)
- Shneiderman, B. 1997. Direct manipulation for comprehensible, predictable and controllable user interfaces. Proceeding IUI '97 Proceedings of the 2nd international conference on Intelligent user interfaces, 33-39. Saatavissa: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=238281>
- Shneiderman, B. & Bederson, B.B. 2005. Maintaining concentration to achieve task completion. DUX '05 Proceedings of the 2005 conference on Designing for User eXperience Article No. 9. Saatavissa: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1138246>
- Sinkkonen, I., Kuoppala, H, Parkkinen, J. & Vastamäki, R. 2006. Käytettävyyden psykologia. Helsinki: Edita Publishing Oy.
- Sonderegger, A. & Sauer, J. 2010. The influence of design aesthetics in usability testing. Effects on user performance and perceived usability. Applied Ergonomics 41:403–410. Saatavissa (rajoitettu käyttöoikeus):

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003687009001148>

Steele, J. & Iliinsky, N. 2011. Designing Data Visualizations: Representing Informational Relationships

Sudweeks, F. & Simoff, S.J. 1999. Quantifying beauty: an information system for evaluating universal aesthetics. In: 2nd Western Australian Workshop on Information Systems Research (WAWISR) 27th November 1999, Perth, W.A. Saatavissa: <http://researchrepository.murdoch.edu.au/1079/>

Szilagy, P. & Baird, J. 1977. A quantitative approach to the study of visual symmetry. Perception & Psychophysics. 22:3 287-292. Saatavissa (rajoitettu käyttöoikeus): <http://link.springer.com/article/10.3758%2FBF03199692>

Teleopelius. Verkkosivu. [viitattu 12.6.2013]. Saatavissa: <http://etaopit.pp.fi/Teletopelius/lyriikka/lyriikka3b.htm>

The New York Times 2010. Budget Forecasts, Compared With Reality. [viitattu 31.5.2013]. Saatavissa: [http://www.nytimes.com/interactive/2010/02/02/us/politics/20100201-budget-porcupine-graphic.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/interactive/2010/02/02/us/politics/20100201-budget-porcupine-graphic.html?_r=0)

Thomas, J.J. & Cook, K.A. 2005. Illuminating the path. The research and development agenda for visual analytics. National Visualization and Analytics Center. Saatavissa: [http://vis.pnml.gov/pdf/RD\\_Agenda\\_VisualAnalytics.pdf](http://vis.pnml.gov/pdf/RD_Agenda_VisualAnalytics.pdf)

Tory, M. & Moeller, T. 2004. Human Factors In Visualization Research, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 10:1, 72-84. Saatavissa (rajoitettu käyttöoikeus): [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=1260759](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1260759)

Tractinsky, N., Katz, A.S. & Ikar, D. 2000. What is beautiful is usable. Interacting with Computers 13:127–145. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095354380000031X>

TTY-Piiri. Sosiaalinen verkko-oppimisympäristö. [viitattu 30.9.2013]. Saatavissa: <http://hlab.ee.tut.fi/piiri/node/4729/stats/activity>

Tuch, A., Roth, S., Hornbæk, K., Opwis, K. & Bargas-Avila, J. 2012. Is Beautiful Really Usable? Toward Understanding the Relation Between Usability, Aesthetics, and Affect in HCI. Computers in Human Behavior 28:5 1596–1607. Saatavissa (rajoitettu käyttöoikeus): <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0747563212000908>

Tufte, E. 2001. The Visual Display of Quantitative Information. Toinen painos. Graphics Press.

Tzec, O.S., Arteaga, S.C. & Molina, R.H. 2009. Designing a user interface based on the calm technology paradigm and schematic visualization, and its evaluation from a communicability and rhetoric standpoint. [viitattu 6.5.2013]. Saatavissa:

[http://www.academia.edu/245835/Designing\\_a\\_user\\_interface\\_based\\_on\\_the\\_calm\\_technology\\_paradigm\\_and\\_schematic\\_visualization\\_and\\_its\\_evaluation\\_from\\_a\\_communicability\\_and\\_rhetoric\\_standpoint](http://www.academia.edu/245835/Designing_a_user_interface_based_on_the_calm_technology_paradigm_and_schematic_visualization_and_its_evaluation_from_a_communicability_and_rhetoric_standpoint)

Van Damme, W. 1996. Beauty in Context. Towards an Anthropological Approach to Aesthetics.

Van Ham, F. and Perer, A. 2009. Search, show context, expand on demand: supporting large graph exploration with degree-of-interest. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 15, 6, Saatavissa:

<http://xplore.staging.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=5290699>

van Wijk, J.J. 2005. The Value of Visualization. Visualization 2005. VIS 05. IEEE, 79–86. Conference Publications. Saatavissa (rajoitettu käyttöoikeus):

[http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=1532781](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1532781)

Vehkalahti, K. 2008. Kyselytutkimuksen mittarit ja menetelmät. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Vismaster 2010. Mastering the Information Age Solving Problems with Visual Analytics. Edited by Keim, D., Kohlhammer, J., Ellis, G. & Mansmann, F. Saatavissa:

<http://www.vismaster.eu/wp-content/uploads/2010/11/VisMaster-book-lowres.pdf>

Voigt, R. 2002. An extended scatterplot matrix and case studies in information visualization. Unpublished Masters thesis. Virtual Reality and Visualization Research Center, Vienna, AU.

Ware, C. 2004. Information Visualization: Perception for Design. Toinen painos. Saatavissa (rajoitettu käyttöoikeus):

<http://www.sciencedirect.com/science/book/9781558608191>

Weiser, M. & Brown, J. S. 1996. Designing Calm Technology. Powergrid journal. Saatavissa: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.123.8091>

W3Schools. Browser Statistics and Trends. [viitattu 11.7.2013]. Saatavissa:

[http://www.w3schools.com/browsers/browsers\\_stats.asp](http://www.w3schools.com/browsers/browsers_stats.asp)

Ziemkiewicz, C. & Kosara, R. 2009. Embedding Information Visualization within Visual Representation. Advances in Information and Intelligent Systems. Vol. 251. Studies in Computational Intelligence. Springer Berlin Heidelberg, 307-326. Saatavissa:

[http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-04141-9\\_15](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-04141-9_15)

Zuk, T. & Carpendale, S. 2006. Theoretical analysis of uncertainty visualizations. In Proc. of SPIE-IS&T Electronic Imaging, SPIE, vol. 6060, 606007. Saatavissa:

[http://innovis.cpsc.ucalgary.ca/innovis/uploads/Publications/Publications/Zuk\\_2006\\_TheoreticalAnalysis.pdf](http://innovis.cpsc.ucalgary.ca/innovis/uploads/Publications/Publications/Zuk_2006_TheoreticalAnalysis.pdf)

Zuk, T., Schlesier, L., Neumann, P., Hancock, M.S. & Carpendale, S. 2006. Heuristics

for Information Visualization Evaluation. University of Calgary. Saatavissa:  
[http://www.academia.edu/625485/Heuristics\\_for\\_information\\_visualization\\_evaluation](http://www.academia.edu/625485/Heuristics_for_information_visualization_evaluation)



## **LIITE 1: TESTAUKSESSA OPISKELIJOILLE OSOITETUT KYSYMYKSET**

### **Taustakysymykset osallistujille:**

Koulutusohjelma:

Pääaine (jos tiedossa):

Suorittamasi käytettävyyden opinnot:

Oletko käyttänyt WesQu-arviointityökalua?

Kuinka paljon olet käyttänyt vuorovaikuttavia visualisointeja?  
en lainkaan / erittäin paljon (0-4)

### **Kriteereittäin läpikäytyt kysymykset:**

#### **Kysymykset jokaiselle arviointikysymykselle:**

Kysymys on vaikeaselkoinen / helposti ymmärrettävä (1-5)

Kysymys on tulkinnanvarainen / yksiselitteinen (1-5)

Jos kysymys on vaikeaselkoinen tai tulkinnanvarainen, miten muotoilisit sen paremmin?

#### **Kriteerin kattavuus**

Kriteeri kuvastaa siinä arviointikysymyksillä mitattavia asioita huonosti / hyvin (1-5)

Jos huonosti, miten muotoilisit kriteerin paremmin?

Kattavatko kysymykset kriteerin sisältämät asiat?

Jos ei, mitä asioita kysymyksissä pitäisi käsitellä?

Onko kriteerissä sen sisältämiin asioihin kuulumattomia kysymyksiä?

Jos on, sopisiko jokin kysymyksistä toiseen kriteeriin?

Sopiiko kriteeri osa-alueeseen?

Jos ei, mihin osa-alueeseen se sopisi paremmin? Miksi?

Luettele kolme mielestäsi tärkeintä asiaa (esitettyä tai uutta), jotka liittyvät kriteeriin:

**Kriteerien ja osa-alueiden kattavuuteen liittyvät kysymykset:**

Luettele kolme mielestäsi olennaisinta kriteeriä:

Luettele kolme mielestäsi turhinta kriteeriä:

Tarvittaisiinko arviointiin jokin uusi osa-alue? Jos tarvitaan, niin mikä?

Pitäisikö jotakin osa-aluetta painottaa enemmän (esimerkiksi lisäämällä sopivia kriteerejä)? Jos pitäisi, niin miten?

Mitä aiheita mielestäsi pitäisi vielä käsitellä kriteereissä?

## LIITE 2: TESTAUKSESSA IIS-LABORATORION HENKILÖSTÖLLE OSOITETUT KYSYMYKSET

### Taustakysymykset osallistujille:

Kuinka paljon olet käyttänyt vuorovaikutteisia visualisointeja?  
en lainkaan / erittäin paljon (0-4)

### Kriteereittäin läpikäytyt kysymykset:

#### **Kysymykset jokaiselle arviointikysymykselle:**

Kysymys on vaikeaselkoinen / helposti ymmärrettävä (1-5)

Kysymys on tulkinnanvarainen / yksiselitteinen (1-5)

Jos kysymys on vaikeaselkoinen tai tulkinnanvarainen, miten muotoilisit sen paremmin?

#### **Kriteerin kattavuus**

Kriteeri kuvastaa siinä arviointikysymyksillä mitattavia asioita huonosti / hyvin (1-5)

Jos huonosti, miten muotoilisit kriteerin paremmin?

Kattavatko kysymykset kriteerin sisältämät asiat?

Jos ei, mitä asioita kysymyksissä pitäisi käsitellä?

Onko kriteerissä sen sisältämiin asioihin kuulumattomia kysymyksiä?

Jos on, sopisiko jokin kysymyksistä toiseen kriteeriin?

Sopiiko kriteeri osa-alueeseen?

Jos ei, mihin osa-alueeseen se sopisi paremmin? Miksi?

Luettele kolme mielestäsi tärkeintä asiaa (esitettyä tai uutta), jotka liittyvät kriteeriin:

**Kriteerien ja osa-alueiden kattavuuteen liittyvät kysymykset:**

Luettele kolme mielestäsi olennaisinta kriteeriä:

Luettele kolme mielestäsi turhinta kriteeriä:

Tarvittaisiinko arviointiin jokin uusi osa-alue? Jos tarvitaan, niin mikä?

Pitäisikö jotakin osa-aluetta painottaa enemmän (esimerkiksi lisäämällä sopivia kriteerejä)? Jos pitäisi, niin miten?

Mitä aiheita mielestäsi pitäisi vielä käsitellä kriteereissä?

## LIITE 3: HEURISTISET LAADUKKUUSKRITEERIT TESTAUKSEN JÄLKEEN

### Osa-alue: Havainnointi

#### 1. Visuaalisen vihjeen tehokkuuden ja kuvattavan asian tärkeyden yhteys

- **Onko visualisoinnin ymmärtämisen kannalta tärkeimmät asiat kuvattu tehokkailla visuaalisilla vihjeillä (esim. sijainnilla tai koolla)?**
  - Visualisoinnin elementtien ja niiden piirteiden on kuvastettava niillä esitetyn informaation merkityksellisyyttä tai toiminnon vaikuttavuutta käyttäjän tehtävissä. Käyttäjän tehtäviä ovat yleiskatsaus, tarkennus, suodatus, lisäinformaation haku, vertailu ja historian haku sekä datan osajoukon ja syöteparametrien purkaminen (Shneiderman 1996, 337).
  - Käyttäjälle on esitettävä asiat oikeassa järjestyksessä (Keinonen 1998). Visuaalisesta esityksestä havaitaan ensin keskeiset visuaaliset piirteet, kuten sijainnit, värit ja yksinkertaiset muodot (Ware 2004, 150–151).
  - Useat tutkimukset ovat osoittaneet, että avaruudellinen sijainti on tehokkain numeromuotoisen datan kuvauskeino (esim. Heer et al. 2010; Cleveland & McGill 1984, Mackinlay 1986).
  - Kaikilla kolmella tiedon tyypillä (määrällinen, järjestyksellinen ja nimellinen) tehokkain visuaalinen vihje on sijainti. Määrällisessä tiedossa seuraavaksi tehokkaimmat vihjeet ovat pituus, kulma, jyrkkyys, pinta-ala, tilavuus, tiheys, värikylläisyys ja värisävy. Tekstuurilla, yhteydellä, sisältyvyydellä ja muodolla ei ole merkitystä tässä tiedon tyypissä, sillä määrällisessä tiedossa voi olla käytännössä lukemattoman paljon eri arvoja. Järjestyksellisen tiedon ”muoto” –vihjeellä ei ole merkitystä, koska sillä ei voida luontevasti kuvata järjestystä. Nimellistä tietoa voidaan kuvata kaikilla esitetyillä visuaalisilla vihjeillä. (Mackinlay 1986, 125.)
  - Tietynlaiseen dataan sopivat tietynlaiset graafiset kuvaustyylit, kuten jatkuville arvoille sijainti koordinaatistossa ja epäjatkuville arvoille merkit (Tory & Möller 2004, 75).

- Jotta merkittävin informaatio olisi selkeimmin havaittavissa ja ymmärrettävissä, on valittava sellainen informaation esitystapa, joka parhaiten kannustaa merkittävän datan syvään pohdiskeluun (Hullman et al. 2011, 2220).
- Luettavia kohtia on korostettava suurella kontrastilla, taustatekijöitä vähäisellä (Metsämäki 1995, 36).
- Joissakin tutkimuksissa on todettu, että värien huomioarvon järjestys on punainen, keltainen, vihreä, valkoinen, sininen ja purppura. Tunnistettavimmiksi väreiksi on todettu järjestyksessä punainen, oranssi, keltainen, purppura, vihreä ja valkoinen. Lapset muistavat väreistä parhaiten järjestyksessä keltaisen, vaaleanpunaisen, punaisen, oranssin ja sinisen. (Sinkkonen et al. 2006, 130.)
- **Onko visualisoinnissa käytetty enintään viittä eri muotoa (ympyrä, neliö jne.) kuvaamaan jonkin ominaisuuden eri arvoja?**
  - Suuri määrä muotoja häiritsee ja vie huomion muilta elementtien piirteiltä, kuten väriltä ja koolta, sekä häiritsee näkymän tulkitsemista (Cooper et al. 2007, 291; Metsämäki 1995, 26).
- **Onko visuaalisilla vihjeillä (esim. sijainnilla tai koolla) kuvattu arvojen suhteellista eroa, jos se on visualisoinnin ymmärrettävyyden kannalta arvojen täsmällistä eroa merkityksellisempi?**
  - Jos arvojoukon hajonta on hyvin suuri, visuaalisilla vihjeillä kuvattavat pienet arvot eivät näy tai suuret arvot ovat liian hallitsevia. Tällöin voi olla tarkoituksenmukaista kuvata arvojen suhteellista eroa.
  - Kuvattaessa arvojen suhteellista eroa arvojoukko on ensin normalisoitava, minkä jälkeen voidaan käsitellä arvojen vaihteluväliä tai suhteellista kokoeroa. Arvojoukon kuvaus voi olla esimerkiksi lineaarinen, logaritminen tai neliöjuurikuvaus. Suhteellista eroa esitettäessä yleensä kannattaa käsitellä mieluummin elementtiä kuin koordinaatistoa, koska suhteellinen koordinaatisto saattaa hämmentää käyttäjää ja aiheuttaa väärintulkintaa.

## 2. Värien merkitysten ja keskinäisten suhteiden huomioiminen

- **Onko tausta ja etualan dataa kuvaavat elementit erotettu värin lisäksi valoisuuden (värin kirkkauden) erolla?**
  - Taustan ja etualalla esitettävän tiedon valotiheyden kontrastiero täytyy aina olla hyvin suuri ja eroa ei tulisi koskaan tehdä ainoastaan värisävyyllä (Ware 2004, 143).
  - Värikoodauksella esitetyn informaation valotiheyden tulee olla hyvin suuri, varsinkin pienissä kohteissa (Ware 2004, 124; Sinkkonen et al. 2006, 133).

- Värien käyttöä voi arvioida ottamalla visualisoinnista kuvankaappaus ja käyttämällä kuvankäsittelyohjelmassa (esim. Gimp tai Photoshop) värin poimintatyökalua (engl. color picker).
- Väreissä tulisi käyttää mahdollisimman monipuolisia värikanavien (sävy, värikylläisyys, valotiheys) yhdistelmiä, jotta useat värit olisivat erotettavissa toisistaan, sillä värin havainnointi riippuu myös elementin koosta ja paikallisesta ympäristöstä (vrt. Ware, 123–127; Zuk & Carpendale 2006).
- Koska puhtaat, tummat ja lämpimät värit ovat värihavainnoinnin syvyysvaikutuksessa lähimpänä, ne soveltuvat paremmin elementin kuin taustan väriksi (vrt. Sinkkonen et al. 2006, 129).
- **Käytetäänkö värisävyn lisäksi värikylläisyyttä (värin puhtautta) tai valoisuutta (värin kirkkautta) eron kuvaamiseen?**
  - Mitä useampi värikanava on käytössä, sitä paremmin värit ovat erotettavissa toisistaan. Eri värikanavia ovat värisävy, valotiheys ja värikylläisyys. (Vrt. Ware 2004, 97–144; Sinkkonen et al. 2006, 133.)
  - Vierekkäin ei saisi sijoittaa äärimmäisen värikylläisiä värejä spektrin eri ääripäistä, kuten sinistä ja punaista (Sinkkonen et al. 2006, 133).
  - Taustan ja etualalla esitettävän tiedon valotiheyden kontrastiero täytyy aina olla hyvin suuri ja eroa ei tulisi koskaan tehdä ainoastaan värisävyllä (Ware 2004, 143).
  - Värien käyttöä voi arvioida ottamalla visualisoinnista kuvankaappaus ja käyttämällä kuvankäsittelyohjelmassa (esim. Gimp tai Photoshop) värin poimintatyökalua (engl. color picker).
- **Onko dataa kuvaavissa elementeissä käytetty mustaa tai valkoista reunusta riippuen taustavärin valotiheydestä (tummuudesta tai vaaleudesta)?**
  - Värikontrasti voi aiheuttaa suuria virheitä kuvattaessa määrällisiä ominaisuuksia tai käytettäessä hillittyjä, yhtenäisiä taustoja. Valkoinen tai musta reunus värillisessä elementissä erottaa sen valotiheyden kontrastin ansiosta paremmin muista ympäröivistä väreistä. (Ware 2004, 143.)
  - Kapeat reunukset voivat aiheuttaa havaitsemishäiriöitä.
- **Onko rinnakkaisissa, dataa kuvaavissa elementeissä käytetty ristiriitavärejä (sininen-punainen tai sininen-vihreä)?**
  - Ristiriitavärejä (sininen-punainen ja sininen-vihreä) ei saa asettaa rinnakkain (Metsämäki 1995, 35).
  - Toisistaan vaikeasti erotettavia värejä ovat punainen, ruskea, vihreä, harmaa ja sinipunainen, etenkin jos niitä käytetään rinnakkaisina väreinä (Sinkkonen et al. 2006, 134).
  - Väärät värivalinnat aiheuttavat häiriöitä informaation havaitsemisessa ja näköharhoja (esim. Ware 2004, 97–144; Sinkkonen et al. 2006, 126–134).

- **Onko dataa kuvaavissa elementeissä käytetty enintään kahdeksaa eri väriä?**
  - Kuusi värisävyä on kohtuullisen helppo valita, mutta yli kymmenen on valittava erityisen huolellisesti. Jos taustaväri on vaihtuva, yli 12 värin sopiva valinta todennäköisesti epäonnistuu. Ihmisen havainnointijärjestelmään kovakoodattuja primitiivivärejä ovat punainen, vihreä, keltainen ja sininen. Jos käyttäjän on muistettava värien merkitys, nämä värit ovat ensisijaisia valintoja ja käytettävien värien maksimimäärän tulee olla  $5 \pm 2$ . (Ware 2004, 143; Sinkkonen et al. 2006, 132.)
  - Värien valinnassa on helppoa epäonnistua. Väärät värivalinnat aiheuttavat häiriöitä informaation havaitsemisessa ja näköharhoja, lisäksi värisävyillä on kulttuurisia ja asiayhteyteen liittyviä eroja (Ware 2004, 97–144; Sinkkonen et al. 2006, 126–134).
  - Enin suositeltava värisävyjen määrä elementeissä on 8 (Metsämäki 1995, 35).
  - Toisistaan vaikeasti erotettavia värejä ovat punainen, ruskea, vihreä, harmaa ja sinipunainen, etenkin jos niitä käytetään rinnakkaisina väreinä (Sinkkonen et al. 2006, 134).
- **Onko värisuunnittelussa huomioitu väreihin yleisesti liitettäviä merkityksiä - joko kulttuurista, asiayhteydestä tai luonnosta peräisin olevia merkityksiä?**
  - Värisuunnittelussa täytyy kunnioittaa paikallista värikulttuuria (Sinkkonen et al. 2006, 133). Länsimaisessa kulttuurissa valkoinen yhdistetään puhtauteen, viattomuuteen ja rehellisyyteen, musta likaisuuteen ja onnettomuuteen, sininen luotettavuuteen, voimakkuuteen ja rauhallisuuteen ja vihreä luonnonläheisyyteen (Sinkkonen et al. 2006, 130–131). Aasiassa valkoinen yhdistetään kuolemaan ja musta kalleuteen (Aslam 2005, 19).
  - Yhdysvalloissa kirjanpitäjä yhdistää punaisen värin negatiiviseen ja mustan positiiviseen ja arvopaperikauppiasta sininen väri kehottaa ostamaan ja punainen myymään (Cooper et al. 2007, 291).
  - Värisuunnittelussa on huomioitava värien luonnollinen vastaavuus todellisuuden kanssa. Sininen väri vastaa vettä, punainen verta ja tulta, vihreä kesää ja elävää kasvillisuutta, ruskea syksyä ja kuollutta kasvillisuutta, keltainen aurinkoa. (Sinkkonen et al. 2006, 130.)
- **Onko värisiirtymissä käytetty useampaa kuin yhtä värikanavaa (värisävy, värin puhtaus, värin kirkkaus)?**
  - Värisiirtymissä kannattaa käyttää vähintään yhden värikanavan vasta-arvoja. Tällaisia siirtymiä värikanavissa ovat esimerkiksi siirtymät keltaisesta värisävyestä siniseen, matalasta värikylläisyydestä korkeaan tai pienestä valotiheydestä suureen. Usein on hyödyllisempää käyttää useampaa kuin yhtä värikanavaa. (Ware 2004, 143.)



- Jos värisiirtymässä esitetään arvoja nollan molemmilta puolilta, voidaan käyttää neutraalia arvoa kuvaamaan nollaa ja vastavärien kasvavaa värikylläisyyttä kuvaamaan negatiivisia ja positiivisia arvoja (Ware 2004, 143).
- **Onko värisiirtymissä käytetty vähintään yhden värikanavan (väri, värin puhtaus, värin kirkkaus) vasta-arvoja?**
  - Värisiirtymissä kannattaa käyttää vähintään yhden värikanavan vasta-arvoja. Tällaisia siirtymiä värikanavissa ovat esimerkiksi siirtymät keltaisesta värisävystä siniseen, matalasta värikylläisyydestä korkeaan tai pienestä valotiheydestä suureen. Usein on hyödyllisempää käyttää useampaa kuin yhtä värikanavaa. (Ware 2004, 143.)
  - Jos värisiirtymässä esitetään arvoja nollan molemmilta puolilta, voidaan käyttää neutraalia arvoa kuvaamaan nollaa ja vastavärien kasvavaa värikylläisyyttä kuvaamaan negatiivisia ja positiivisia arvoja (Ware 2004, 143).

### 3. Kognitiivisen kuormituksen vähentäminen

- **Onko eri näkymissä kulloinkin merkityksetön tieto piilotettu käyttäjältä?**
  - Käyttäjän tehtäviä ovat yleiskatsaus, tarkennus, suodatus, lisäinformaation haku, vertailu ja historian haku sekä datan osajoukon ja syöteparametrien purkaminen (Shneiderman 1996, 337).
  - Jos näkymässä on liikaa käyttäjälle sillä hetkellä merkityksetöntä tietoa, se saattaa häiritä merkityksellisen informaation havaitsemista ja tulkintaa (vrt. Tufte 2001).
  - Mitä vähemmän käyttäjien ajattelua kuormitetaan, sitä paremmin he voivat keskittyä varsinaisiin tehtäviinsä ja heidän keskittymiskykynsä säilyy (vrt. Shneiderman & Bederson 2005; Shneiderman 1996, 337).
  - Jos visualisointi on käyttäjälle ennestään tuttu, täytemusteeksi muuttunut merkityksetön informaatio on pystyttävä piilottamaan (vrt. Tufte 2001; Shneiderman 1996).
  - tehtävän kannalta epäoleellinen sisältö kannattaa usein mieluummin vääristää (engl. distort) kuin kokonaan piilottaa, jotta yhteys datajoukon kokonaisuuteen säilyisi (vrt. Carr 1999, 1). Jos yksittäistä elementtiä osoitettaessa valtaosa sisällöstä piilotetaan epäoleellisena, näkymä saattaa lisäksi välkkyä häiritsevästi.
- **Onko visualisointi suunniteltu siten, että käyttäjän suorittaman tehtävän kannalta tärkeät asiat ovat havainnon keskiössä ja vähempiarvoiset havaintoalueen reunalla?**
  - Levollinen teknologia (engl. calm technology) on ajatusmalli teknologiasta, joka on siirrettävissä luonnollisesti havainnoinnin reuna-alueen ja keskiön välillä. Asettamalla asioita havainnoinnin reuna-alueelle tarkoituksenmukaisilla valin-

noilla voidaan jäsentää asioita paremmin kuin että kaikki olisi havainnoinnin keskiössä. Aivot käsittelevät havainnoinnin reuna-alueen asioita ilman ylimääräistä kuormaa sensorisessa muistissa, aistitiedon ensimmäisessä säilytyspaikassa. (Weiser & Brown 1996.) Levollista teknologiaa voi hyödyntää sekä informaation että vuorovaikutuksen suunnittelussa (Tzec et al. 2009). Suoritettavana olevassa tehtävässä merkittävät asiat olisi säilytettävä huomioon keskiössä, muut sensorisessa muistissa (vrt. Weiser & Brown 1996; Shneiderman 1996).

- Levollisen teknologian periaatetta voi soveltaa muun muassa välttämällä tarkoituksettomasti huomion kiinnittäviä värivalintoja ja isokokoisia tai liikkuvia elementtejä havainnoinnin reuna-alueella.
- **Onko visualisoinnin graafinen ilme tasapainoinen?**
  - Käyttöliittymän visuaalisen ilmeen tulee olla miellyttävä (IBM 2004).
  - Ihminen saattaa reagoida ympäristöönsä enemmän alitajuisesti kuin tietoisesti. Sommittelulla voidaan lisätä käyttäjän motivaatiota ja tuotteen käytettävyyttä. (Metsämäki 1995, 17.)
  - Näkymän tasapaino muodostuu tummuus- ja symbolitasapainosta. Epätasapaino voi aiheuttaa visuaalisia jännitteitä. (Metsämäki 1995, 18–19.)
  - Suuri määrä muotoja häiritsee näkymän tulkitsemista (esim. Metsämäki 1995, 26)
  - Positiivinen mielentila nopeuttaa välittäjäaine dopamiinin liikettä, jolloin ajatteluprosessi tehostuu ja muuttuu joustavaksi. Kauniit tuotteet voivat näin auttaa luovassa ajattelussa, oppimisessa ja ongelmanratkaisussa ja edelleen parantaa tehtävien suoritusta. (Ashby et al. 1999; Norman 2004.)
- **Kuvataanko dataa esittävässä elementeissä yhtä asiaa vain yhdellä visuaalisella vihjeellä (esim. sijainnilla, koolla ja värillä) ja toisin päin?**
  - Visualisoinnin elementeillä on yhdistelmä visuaalisia vihjeitä tai piirteitä, joilla kuvataan kohteen ominaisuuksia ja jotka yhdessä, sidottuna asiayhteyteen, antavat elementille merkityksen. Piirteitä kuvataan hahmolaeilla, joista yleisimpiä ovat sijainti, muoto, koko, väri, orientaatio ja pinnoitus (Cooper et al. 2007, 291–292).
  - Tufte (2001) kehottaa karsimaan visualisoinneista merkityksettömän täytemuksen ja toisteisen tiedon, sillä ne häiritsevät informaation sisäistämistä ja voivat johtaa harhaan.
  - Mitä vähemmän käyttäjien ajattelua kuormitetaan, sitä paremmin he voivat keskittyä varsinaisiin tehtäviinsä ja heidän keskittymiskykynsä säilyy (vrt. Shneiderman & Bederson 2005; Shneiderman 1996, 337).

## Osa-alue: Ymmärtämisen tukeminen

### 4. Visualisoinnin sitominen ympäröivään maailmaan ja käyttäjän tukeminen itseohjautuvaan ajatteluun

- **Jos sopiva metafora (jonkin visualisoinnin toiminnon tai asian samaistaminen johonkin tuttuun vastineeseen) on selvästi löydettävissä, onko sellaista käytetty?**
  - Käsitys havainnoista muodostetaan täydentämällä aiempaa tietämystä, yhdistämällä uudet asiat aiemmin opittuun sekä tarkkailemalla ja korjaamalla vääriä käsityksiä (Hullman et al. 2011, 2216).
  - Metafora välittää merkityksen ja siirtää informaatiota (Sease 2008, 10), joten metaforalla voidaan kuvata ennestään tuntemattomia asioita ja asiayhteyksiä tunnetuilla. Onnistuneesti valittu metafora yhdistää useat käyttäjäryhmät ymmärtämään esitetyn asian samalla tavalla.
  - Benjamin Fineman (2004) on esittänyt metaforat graafisen käyttöliittymän kolmelle mahdolliselle osa-alueelle: toiminnallisuuden, käyttöliittymän ja vuorovaikutuksen alueille. Toiminnallinen metafora esittää käyttäjän ohjelman käytön odotuksia ja tavoitteita. Vuorovaikutuksen metafora määrittää toiminnan muodon ja suorituksen. Molempien metaforien tulisi auttaa käyttöliittymän metaforan ymmärtämisessä. (vrt. Fineman 2004; Berg 2012, 23; Burmester et al. 2010.) Fineman käyttää esimerkkinä sähköpostia. Toiminnallisena metaforana voi olla fyysinen postikirje (Fineman 2004) ja käyttöliittymän metaforana osoitekirja (Sease 2008). Vuorovaikutuksen metaforana voi olla kohteen suora käsittely siten, että käyttäjä voi raahata tiedostoja, avata kirjeitä ja lähettää postia koneelta toiselle (vrt. Cooper et al. 2007, 377; Fineman 2004).
  - Metaforan informaation siirtämisen merkityksen ymmärtäminen on erityisen tärkeää ihmisen ja tietokoneen välisen vuorovaikutuksen (HCI) tukemisessa (Sease 2008).
  - Käyttöliittymässä on hyödyllistä käyttää metaforaa sellaisen löydettyä, mutta käyttöliittymää ei saa sovittaa mielivaltaisesti valittuun metaforaan (Cooper et al. 2007, 279).
  - Ympäröivästä maailmasta on havaittavissa sekä universaali todellisuus että yksilön mielikuviinsa luoma, henkilökohtaisesti koettu todellisuus (vrt. Dutton 2002). Jos käyttäjät ovat taustaltaan hyvin erilaisia, universaalista todellisuudesta lainattu vertauskuva on usein luotettava valinta. Koska luonto koetaan usein hyvin samalla tavalla, sieltä voi olla löydettävissä hyviä vertauskuvia. Jos visualisointi on suunnattu tietyille erityisryhmälle vertauskuvana voi käyttää tämän ryhmän yhteisesti koettua asiaa, joka kuvaa kohdealuetta.

- Ajatusprosessin vaiheiden määrä on minimoitava tukemalla rakentavaa, itseohjautuvaa ajattelua (Hullman et al. 2011, 2218).
- **Onko asioiden esittäminen sidottu keskivertokäyttäjän käsitelmalliin, tavoitteisiin tai tehtäviin?**
  - Jos käyttäjän tarvitsema informaation on kohdealue- tai tehtäväriippuvainen, suunnittelu täytyy sitoa kohdealueeseen, käyttäjän tehtäviin tai visualisoinnin tehtäviin (Tory & Möller 2004, 74). Käyttäjän tehtäviä ovat yleiskatsaus, tarkennus, suodatus, lisäinformaation haku, vertailu ja historian haku sekä datan osajoukon ja syöteparametrien purkaminen (Shneiderman 1996, 337).
  - Käyttäjän näkökulma täytyy huomioida asioiden ja toimintojen esittämisessä ja nimeämisessä. Hyvä informaation visualisoinnin suunnittelu ja arviointi painottaa käyttäjän kykyä avata ja sisäistää esityksen merkitys ja käsitellä sitä itsenäisesti (Amar & Stasko 2004).
  - Visualisoinnin elementtien ja toimintojen suunnittelussa tulisi ymmärtää ja huomioida käyttäjän intuitiivinen ja looginen asioiden merkityksellistäminen (Berg 2012, 9).
  - Elementit on järjestettävä ja ryhmiteltävä intuitiivisesti, loogisesti ja johdonmukaisesti, käyttäjän käsitelmalliin ja osatavoitteiden mukaisesti. Johdonmukaiset elementtien sijoittelut, ryhmittelyt, värit, nimeämiset ja peräkkäiset toiminnot nopeuttavat päätöksiä ja estävät häiriötekijöiden vaikutusta (Shneiderman & Bederson 2005, 5).
  - Lisäämällä dataohjautuvaa tiedostamatonta ajattelua voidaan lisätä visualisoinnin ymmärrettävyyttä (Berg 2012, 29 & 60). Dataohjautuva intuitio on visualisoidun informaation tulkintaa ennen mielikuvien muodostumista.
  - Käyttäjän tavoitteisiin perustuva vuorovaikutus kuvastaa käyttäjän käsitelmallia (Cooper et al. 2007, 569).
  - Liiallinen yksinkertaistaminen aiheuttaa informaation vääristymistä, liiallinen monimutkaistaminen taas kognitiivista kuormitusta, keskittymistä epäoleelliseen ja havaitsemishäiriöitä (vrt. Bresciani & Eppler 2008; Tufte 2001).
  - Esitettävä informaatio on sidottava käyttäjän ymmärtämään asiayhteyteen eli suunnittelijan on pyrittävä muodostamaan esitysmallista mahdollisimman paljon käyttäjän käsitelmallia vastaava. Käyttöliittymä tulisi siis perustua käyttäjän käsitelmalliin, ei toteutusmalliin. Myös levollisen teknologian ajatusmallin mukaan tekniikka on piilotettava käyttäjältä. (vrt. Cooper et al. 2007, 30 & 569; Weiser & Brown 1996.)
  - Asioiden ymmärtäminen ja oppiminen helpottuu, jos käyttäjä pystyy liittämään asiat oppimiinsa skeemoihin. Skeema on järjestynyt ja jäsenelty konseptimäinen kuvaus eli informaatiokokonaisuus ilman yksityiskohtia. (Sinkkonen et al. 2006, 180–190.)

- Visualisoinnin tarinankerronnallisilla rakenteilla voidaan osoittaa datan merkittäviä huomioita ja ohjeistaa käyttämään visualisoinnin vuorovaikutteisia elementtejä (Heer & Shneiderman 2012, 53–54).
- Keskivertokäyttäjä ei yleensä ymmärrä käyttöliittymän teknisiä termejä, joten asiat on esitettävä tutuilla käsitteillä ja luonnollisella kielellä (vrt. Nielsen 1994a, 157).
- Suunnittele keskivertokäyttäjälle sekä tarjoa ohjeet aloittelijalle ja tehokkaita toimintoja kokeneelle käyttäjälle (vrt. Cooper et al. 2007, 569; Hullman et al. 2011).
- Järjestelmällä täytyy olla yhteys todelliseen maailmaan (Nielsen 1994a, 153).
- Keskeiset toiminnallisuudet on sijoitettava ensisijaiseen ikkunaan (Cooper et al. 2007, 506).
- Graafisen asettelun ja järjestelyn on autettava käyttäjää ryhmittelemään tehtäviä (Hornbæk & Frøkjær 2002, 489).
- **Tuetaanko vuorovaikutteisissa toiminnoissa suoraa käsittelyä, jolloin käyttäjä voi esimerkiksi osoittaa ja valita kohteita hiirellä tai sormella?**
  - Fyysinen vuorovaikutus järjestelmän kanssa tuntuu käyttäjältä luonnolliselta, joten käyttäjille on tarjottava suoraa käsittelyä (engl. direct manipulation) ja graafisia valitsimia (vrt. Nielsen 1994a, 153; Cooper et al. 2007, 570).
  - Suoran käsittelyn malli sisältää kolme osa-aluetta: käyttöliittymäkomponenttien visuaalisen esityksen, näkyvän ja eleisiin perustuvan vuorovaikutuksen näihin elementteihin sekä välittömän tulosten esittämisen. Suoraan vuorovaikuttava käyttöliittymä on kokonaisvaltainen, ennustettava ja hallittava, jolloin käyttäjä kokee saavuttamista ja vastuullisuutta sekä kokee hallitsevansa järjestelmää. (Shneiderman 1997.)
  - Käyttäjä muodostaa ymmärrystään vuorovaikutteisesta järjestelmästä osoittamalla vuorovaikutteisia elementtejä ja käyttämällä järjestelmän toimintoja (vrt. Berg 2012, 23; Burmester et al. 2010).
- **Jos visualisoinnissa on lisättyä koristeellisuutta (datan kannalta ylimääräistä graafista kuvitusta), liittyykö se visualisoinnin esittämään asiaan?**
  - Positiivinen mielentila nopeuttaa välittäjäaine dopamiinin liikettä, jolloin ajatteluprosessi tehostuu ja muuttuu joustavaksi. Kauniit tuotteet voivat näin auttaa luovassa ajattelussa, oppimisessa ja ongelmanratkaisussa ja edelleen parantaa tehtävien suoritusta. (Ashby et al. 1999; Norman 2004.)
  - Tarkoituksenmukainen koristeellisuus voi lisätä visualisoinnin muistettavuutta (Bateman et al. 2010).
  - Asiayhteyttä kuvaava koristeellisuus saattaa häiritä informaation tulkintaa, jos lisätty koristeellisuus aiheuttaa käyttäjässä liian voimakkaita tunteita, kuten vastenmielisyyttä tai järkytystä (Bresciani & Eppler 2008).

- Koristeellisuus voi aiheuttaa laatuongelman ja luotettavuusongelman, jos sitä ei ole lisätty harkiten ja tarkoituksenmukaisesti. Kaiken lisätyn koristeellisuuden pitäisi helpottaa datan ymmärtämistä eli kuvata datan asiayhteyttä. Laatuongelmissa koristeellisuus ei auta ymmärtämään dataa vaan pikemminkin ohjaa käyttäjän huomiota ja ajattelua epäoleelliseen. Luotettavuusongelmissa koristeellisuus vääristää dataa kuvaavia visuaalisia vihjeitä aiheuttaen mittasuhteiden vääristymistä ja havaitsemishäiriöitä. (Vrt. Angeli et al. 2006; Tufte 2001; Ware 2004.)

## 5. Sisäinen ja ulkoinen yhtenäisyys ja johdonmukaisuus

- **Esitetäänkö asiayhteyteen liittyvät tutut asiat tutulla tavalla?**
  - Tuttuus – hyödynnä käyttäjän aiempaa tietoa (IBM 2004).
  - Käytä standardisoituja tai muuten tuttuja esitys- ja toimintatapoja.
  - Tärkeimmät asiat on sijoitettava vasempaan yläkulmaan, merkityksettömimmät oikeaan alakulmaan (Steele & Iliinsky 2011, 53). Lukusuunta voi kuitenkin vaihdella kulttuureittain.
- **Käytetäänkö visuaalisia vihjeitä (esim. sijaintia, kokoa ja väriä) johdonmukaisesti?**
  - Samanlaisia visuaalisia vihjeitä sisältävien elementtien nähdään liittyvän jotenkin yhteen, erilaisten vihjeiden nähdään erottavan ne toisistaan. Jos samanlaisilla vihjeillä kuvataan eri asioita, käyttäjä voi hämmentyä ja tulkita esityksen väärin.
  - Käsitys havainnoista muodostetaan täydentämällä aiempaa tietämystä, yhdistämällä uudet asiat aiemmin opittuun sekä tarkkailemalla ja korjaamalla vääriä käsitteitä (Hullman et al. 2011, 2216).
  - Lisäämällä dataohjautuvaa tiedostamatonta ajattelua voidaan lisätä visualisoinnin ymmärrettävyyttä (Berg 2012, 29 & 60). Dataohjautuva intuitio on visualisoidun informaation tulkintaa ennen mielikuvien muodostumista.
  - Tunnistaminen ennen muistamista (Nielsen 1994a, 153).
  - Käyttöliittymän täytyy olla ennustettava (Hornbæk & Frøkjær 2002).
  - Ohjaa käyttäjää, älä pakota häntä pohtimaan (Cooper et al. 2007, 206).
  - Koska kerralla on mahdollista olla vain yksi käyttäjäkokemus, toiminnallisuudet ja asioiden esittämistavat täytyvät olla yhteneväisiä (Cooper et al. 2007, 140).
  - Ajatusprosessin vaiheiden määrä tulee minimoida tukemalla rakentavaa, itseohjautuvaa ajattelua (Hullman et al. 2011, 2218).

## Osa-alue: Analyysiprosessin tukeminen

### 6. Informaation haun osatavoitteita tukeva vuorovaikutus

- **Huomioidaanko käyttäjän informaation haun osatavoitteet (yleiskuva, tarkennus, suodatus, lisäinformaatio)?**
  - Käyttäjälle on esitettävä vain ne asiat, joita tämä kyseisellä hetkellä tarvitsee – ei enempää eikä vähempää. Lisäksi asiat on esitettävä käyttäjälle oikeassa järjestyksessä. (Keinonen 1998.) Shneiderman (1996, 337) kuvaa käyttäjän ja visuaalisoinnin vuorovaikutusta toteamalla käyttäjän ensin pyrkivän saamaan kokonaiskuvan informaatiosta asiayhteydessään, sitten tarkentamaan haluttuun kohtaan ja suodattamaan näkymän sisältöä ja lopulta hakemaan tarkempaa tietoa tavoitteidensa mukaisesti.
  - Visuaalinen analytiikka on asioiden merkityksellistämistä vuorovaikutteisella visuaalisella käyttöliittymällä (Chabot 2009, 86). Visuaalisen analytiikan tavoitteena on analyttinen merkityksellistämisen prosessi ohjelmalla, joka maksimoi käyttäjän kyvyn havaita, ymmärtää ja merkityksellistää monimutkaisia ja dynaamisia datajoukkoja ja tilanteita (Thomas & Cook 2005, 63). Heer ja Shneiderman (2012) kuvaavat visuaalisen analytiikan vuorovaikutteiseksi prosessiksi, joka sisältää näkymän luomisen, tutkimisen ja informaation jalostamisen (engl. refinement). Heer ja Shneiderman (2012) esittävät kolme visuaalisen analytiikan tukemisen osa-aluetta: datan ja näkymän määrittämisen, näkymän käsittelyn sekä analysoinnin tukemisen. Datan ja näkymän määrittämisessä autetaan käyttäjää valitsemaan datasta merkityksellinen osajoukko ja visualisoimaan se tehokkaasti (vrt. Heer & Shneiderman 2012). Näkymän käsittelyyn ja analysoinnin tukemiseen osa-alueisiin liittyy seitsemän Ben Shneiderman mainitsemaa käyttäjän toimintoa (vrt. Heer & Shneiderman 2012; Shneiderman 1996): yleiskatsaus, zoomaus, suodatus, lisäinformaation haku (engl. Details-on-demand), vertailu, historian haku ja purkaminen (engl. extract). Neljä ensimmäistä kuvaa suoraan haun mantran käyttäjän osatavoitteita, kolme viimeistä visuaalisen analytiikan analysoinnin tukemisen osa-aluetta (vrt. Shneiderman 1996; Heer & Shneiderman 2012).
  - Käyttäjä voi oivaltaa visualisoinnin merkityksen yleisnäköisestä saamaansa kuvausta tehokkaammin näkemällä ensin vain haetun osajoukon tai itseensä liittyvän tai muuten hyvin ymmärtämänsä sisällön. Merkittävä osajoukko voi olla siis joko automaattisesti tai käyttäjän haun perusteella valittu. Saatu ymmärrys on laajennettavissa koko visualisointiin, sen dataan ja vuorovaikutteisuuteen. Navigointijärjestystä voidaan kuvata haun, asiayhteyden ja laajennuksen -mallilla (engl. Search, show context, expand on demand). (Vrt. Van Ham & Perer 2009; Heer & Shneiderman 2012.)

- Jos mahdollista, yleisnäkyvän esittämä tiivistetty kokonaisdata tulisi kokoajan olla suhteutettavissa toiminnoilla käsiteltävään datajoukkoon. Havainnoinnin olisi kuitenkin säilyttävä luontevasti ja ensisijaisesti käsiteltävässä datajoukossa. (Vrt. Van Ham & Perer 2009; Weiser & Brown 1996.)
- **Tuetaanko käyttäjää osatavoitteiden saavuttamisessa ehkäisemällä informatiivista kuormitusta?**
  - Käyttäjän osatavoitteiden (yleiskuva, tarkennus, suodatus ja lisäinformaatio) tehokasta suoritusta voidaan tukea levollisella teknologialla, vääristävillä (engl. distortion) tekniikoilla, zoomaamalla ja suodattamalla sekä informatiivista kuormitusta ehkäisevillä toimenpiteillä: suodatuksella, osittamisella ja tiivistämisellä. (Vrt. Shneidermanin 1996; Weiser & Brown 1996; McShane 2008, 324.)
  - Selkeän yleiskuvan saamista voidaan tukea visualisoinnissa tiivistämällä informaatio mahdollisimman havainnolliseen muotoon ja osittamalla se ihmisen visuaalisen havaintojärjestelmän ominaispiirteet huomioiden. Esittämällä sama informaatio matalammalla tiivistystasolla voidaan tarkentaa näkymä tiettyyn datajoukkoon. Lisäinformaation haussa esitetään tietty informaatio ja sen yhteydet kokonaisuudessaan eli tiivistämättä.
  - Esitettyä dataa on pystyttävä suodattamaan käyttöliittymän toiminnoilla ja samalla on säilytettävä yhteys kokonaisuuteen (vrt. Carr 1999, 1). Heer ja Shneiderman (2012, 49–50) esittävät lisätiedon ja kontekstin tarkoituksenmukaisen esittämisen keinoiksi tarkennus-plus-konteksti -menetelmän (engl. focus-plus-context), erillisen yleisnäkyvän ja lisätietonäkyvän (engl. overview and detail) sekä erilaiset vääristävät (engl. distortion) tekniikat.
  - Tiedosta on tarjottava useita abstraktiotasoja (Zuk & Carpendale 2006).
  - Informaatio kuormittaa visualisointijärjestelmän käyttäjän havainnointia ja ajattelua vaihtelevasti eri tehtävissä, sillä niissä voidaan tarvita eri määriä tietoa, sekä samaa tietoa eri tiivistystasolla että eri tietoa.
- **Ovatko tehtävän suorittamiseen liittyvät toiminnot aina välittömästi käyttäjän käytettävissä?**
  - Visualisoinnin käytön tehtäviä ovat yleiskatsaus, tarkennus, suodatus, lisäinformaation haku, vertailu ja historian haku sekä datan osajoukon ja syöteparametrien purkaminen (Shneiderman 1996, 337).
  - Merkittävimmät tehtävään liittyvät elementit ja toiminnot täytyy olla näkyvillä ja välittömästi käytettävissä (vrt. Hornbæk & Frøkjær 2002, 489; Cooper et al. 2007, 570).
- **Esitetäänkö käyttäjän toiminnan vaikutukset välittömästi ja selkeästi?**
  - Rikas visuaalinen palaute on suoran käsittelyn (engl. direct manipulation) merkittävimpiä tekijöitä (Cooper et al. 2007, 376).



- Käyttäjä muodostaa ymmärrystään vuorovaikutteisesta järjestelmästä osoittamalla vuorovaikutteisia elementtejä ja käyttämällä järjestelmän toimintoja (vrt. Berg 2012, 23; Burmester et al. 2010).
- Järjestelmän on esitettävä käyttäjän syötteiden tulkinta selkeästi (Hornbæk & Frøkjær 2002, 489).
- Rakenteen paljastava vuorovaikutus lisää informaation ymmärrettävyyttä (Berg 2012, 23 & 29).
- Esityksen muutosta tilasta toiseen voidaan kuvata animaatiolla (esim. Heer & Robertson 2007; Heer & Shneiderman 2012, 50), mikä ei pelkästään helpota tilojen muutoksen vaan myös koko datajoukon ymmärtämistä. Heer ja Robertson (2007) esittävät animaation neljä vahvuutta: animaatio kiinnittää tehokkaasti käyttäjän huomion myös havainnoinnin reuna-alueella, kuvaa alkutilan ja lopputilan yhteyttä, kuvaa syy-seuraussuhdetta sekä voi olla lumoava ja lisätä kiinnostusta asiaan.
- **Voiko käyttäjä järjestää elementtejä löytääkseen säännönmukaisuuksia ja ryhmiä datasta?**
  - Järjestelemällä elementtejä voidaan tehokkaasti löytää säännönmukaisuuksia ja ryhmiä datajoukosta. Yleisin tapa järjestää tuloksia on yhden tai useamman ominaisuuden perusteella. (Heer & Shneiderman 2012.)
- **Esitetäänkö dataa kuvaavan elementin selitys ja lähtöarvot vain pyydettyessä?**
  - Koska vihjeen merkitys on opittavissa, lisätieto siitä ja vaihtoehtoinen esitys on esitettävä vain pyydettyessä. Jos näkymässä on liikaa käyttäjälle sillä hetkellä merkityksetöntä tietoa, se saattaa häiritä merkityksellisen informaation havaitsemista ja tulkintaa (vrt. Tufte 2001).
- **Tarvitseeko käyttäjän muistaa enemmän kuin  $7\pm 2$  asiaa kerrallaan tehtäväsään?**
  - Visualisoinnin käytön tehtäviä ovat yleiskatsaus, tarkennus, suodatus, lisäinformaation haku, vertaaminen ja historian haku sekä datan osajoukon ja syöteparametrien purkaminen (Shneiderman 1996, 337).
  - Koska ihmisen muistikapasiteetti on rajoittunut  $7\pm 2$  asiaan, tehtävissä muistettavien asioiden määrä ei saa ylittää tätä (vrt. Miller 1956; Shneiderman 1996, 337).
  - Uudet muistiin tulevat asiat tai erilaiset häiriötekijät voivat tyhjentää työmuistin (Sinkkonen et al. 2006, 172).
  - Tukemalla mieltämysyksiköiden muodostumista muistikapasiteetti saadaan tehokkaampaa käyttöön (vrt. Sinkkonen et al. 2006, 172; Gobet 2000). Mieltämysyksiköiden muodostumista voidaan tukea ryhmittelyllä, muodostamalla kokonaisuuksia ja sitomalla asioita aiemmin opittuun.

- Mitä mielekkäämpiä mieltämysyksiköt käyttäjälle ovat, sitä suurempia ja sitä enemmän mieltämysyksiköitä säilyy käyttäjän muistissa (Sinkkonen et al. 2006).
- **Onko käyttäjän helppo palata alkutilaan (tai alkutilanteeseen)?**
- **Kerrotaanko käyttäjälle visualisointijärjestelmän sen hetkinen tila (esim. onko estetyt nappulat piilotettu/harmaina tai esitetäänkö vaiheittain etenevän visualisoinnin vaihe)?**
  - Kuvasta elementin ja järjestelmän tilaa (Cooper et al. 2007, 572).
  - Estä toiminnot, jotka eivät ole käytettävissä (Cooper et al. 2007, 573).
  - Jos esityksessä pystyy zoomaamaan, käyttäjälle voidaan esittää zoomatun kohdan sijainti kokonaisdatassa pienessä kehyksessä. Tällöin käyttäjällä säilyy yhteyden kokonaisuuteen (vrt. Carr 1999, 1).
  - Paikallisen naapuruston arvot pitäisi aina olla näkyvissä (Tory & Möller 2004, 75).
- **Huomioiko järjestelmä käyttäjän syötteitä oletettua laajemmin?**
  - Käyttäjien ei voida olettaa opettelevan enempää järjestelmän käyttöä kuin tehtävien suoritus vaatii, joten heidän ymmärryksensä järjestelmästä on vajaa. Informaatio tulisi esittää siten, että se on ymmärrettävissä myös puutteellisilla tiedoilla. (Hornbæk & Frøkjær 2002, 489 & 500.)
  - Käyttöliittymä tulisi perustua käyttäjän käsitemalliin, ei toteutusmalliin (Cooper et al. 2007, 569).
- **Onko käyttäjän helppo havaita mitkä käyttöliittymän elementit ovat vuorovaikutteisia?**
  - Käyttöliittymän täytyy olla ennustettava (Hornbæk & Frøkjær 2002, 489).
  - Analysointia on tehostettava korostamalla osoitettua elementtiä (Heer & Shneiderman 2012).
  - Vuorovaikutteisuudesta voidaan antaa vihje vaihtuvalla kursorilla tai jollakin elementin visuaalisella vihjeellä.
  - Painikkeet ja liukuvalinnat kuvastavat yleisillä käyttöliittymäkomponenttien piirteillään vuorovaikutteisuuttaan, mutta visualisoinnin muut vuorovaikutteiset elementit eivät yleensä automaattisesti kuvasta.
  - Kaikkien elementtien olemassaolon ja toiminnallisuuden merkitys on ilmaistava suhteessa käyttäjän käsitemalliin ja varsinaisiin tavoitteisiin (vrt. Cooper et al. 2007, 569).
  - Käyttäjä muodostaa ymmärrystään vuorovaikutteisesta järjestelmästä osoittamalla vuorovaikutteisia elementtejä ja käyttämällä järjestelmän toimintoja (vrt. Berg 2012, 23; Burmester et al. 2010).
  - Tarkkailemalla toimintansa seurauksia käyttäjä tekee päätelmiä eri ulottuvuuksien yhteyksistä (Berg 2012, 23).

- Fyysinen vuorovaikutus järjestelmän kanssa tuntuu käyttäjältä luonnolliselta, joten käyttäjille on tarjottava suoraa käsittelyä (engl. direct manipulation) ja graafisia valitsimia (vrt. Nielsen 1994a, 153; Cooper et al. 2007, 570).
- Rakenteen paljastava vuorovaikutus lisää informaation ymmärrettävyyttä (Berg 2012, 23 & 29).
- Visualisoinnin tarinankerronnallisilla rakenteilla voidaan ohjeistaa käyttämään visualisoinnin vuorovaikutteisia elementtejä (Heer & Shneiderman 2012).
- **Onko yleiskuvan muodostamisen kannalta tärkeät asiat kerrottu myös tekstimuodossa?**
  - Staattisia tekstejä on käytettävä niiden edistäessä välitöntä yleiskuvan saamista, dynaamisia tekstejä syvemässä datan tutkimisessa (Hullman et al. 2011, 2218).
  - Visualisoinnin elementtien ja niiden piirteiden on kuvastettava niillä esitetyn informaation merkityksellisyyttä tai toiminnon vaikuttavuutta käyttäjän osatavoitteissa. Visualisoinnin käytön tehtäviä ovat yleiskatsaus, tarkennus, suodatus, lisäinformaation haku, vertaaminen ja historian haku sekä datan osajoukon ja syöteparametrien purkaminen (Shneiderman 1996, 337).
- **Saako käyttäjä lisäinformaatiota visuaalisista elementeistä ja muusta tiivistystä sisällöstä niitä osoittamalla?**
  - Tiedosta on tarjottava useita abstraktiotasoja (Zuk & Carpendale 2006).
  - Visuaalisesti esitetty informaatio olisi aina esitettävä myös vaihtoehtoisella tavalla (Hornbæk & Frøkjær 2002, 489).
  - Käyttäjän osatavoitteiden (yleiskuva, tarkennus, suodatus ja lisäinformaatio) tehokasta suoritusta voidaan tukea informatiivista kuormitusta ehkäisevillä toimenpiteillä: suodatuksella, osittamisella ja tiivistämisellä. (Vrt. Shneidermanin 1996; McShane 2008, 324.)
  - Rakenteen paljastava vuorovaikutus lisää informaation ymmärrettävyyttä (Berg 2012, 23 & 29).
  - Staattisia tekstejä on käytettävä niiden edistäessä välitöntä yleiskuvan saamista, dynaamisia tekstejä syvemässä datan tutkimisessa (Hullman et al. 2011, 2218).
  - Fyysinen vuorovaikutus järjestelmän kanssa tuntuu käyttäjältä luonnolliselta, joten käyttäjille on tarjottava suoraa käsittelyä (engl. direct manipulation) ja graafisia valitsimia (vrt. Nielsen 1994a, 153; Cooper et al. 2007, 570).
  - Kaikissa työkalupalkin toiminnoissa ja toiminnallisissa ikoneissa olisi käytettävä selitetekstejä (Cooper et al. 2007, 573).
  - Käyttäjä tekee päätelmiä eri ulottuvuuksien yhteyksistä tarkkailemalla toimintansa seurauksia (Berg 2012, 29).
  - Käyttäjä muodostaa ymmärrystään vuorovaikutteisesta järjestelmästä osoittamalla vuorovaikutteisia elementtejä ja käyttämällä järjestelmän toimintoja (vrt. Berg 2012, 29; Burmester et al. 2010).

- **Kun käyttäjä osoittaa vuorovaikutteisia elementtejä, ohjataanko hänen huomionsa tärkeisiin asioihin?**
  - Esimerkiksi ympyrän piirtäminen osoitettuun elementtiin tai graafin huippukohtaan ohjaa huomiota. On kuitenkin huomioitava, että vaikka graafiset huomautukset mahdollistavat korkean käyttökokemuksen, niistä puuttuu suora yhteys perustana olevaan dataan. (Heer & Shneiderman 2012, 52.)
  - Luettavia kohtia on korostettava suurella kontrastilla, taustatekijöitä vähäisellä (Metsämäki 1995, 36).
- **Jos visualisoinnissa on useampia näkymiä, onko ne synkronoitu (päivittykö data kaikissa näkymissä dataa yhdessä näkymässä käsiteltäessä)?**
  - Monimutkaista sisältöä voi olla hyödyllistä käsitellä useammassa eri ikkunassa erilaisilla työkaluilla. Erillisiä näkymiä pitäisi voida vertailla ja niiden järjestystä vaihtaa. Näkymät tulisi olla myös keskenään synkronoituja eli arvoja käsiteltäessä yhdessä näkymässä tapahtuvat muutokset tulisi näkyä myös muissa näkymissä. Erillisissä näkymissä arvojen korrelaatio pitäisi olla selvästi havaittavissa esittämällä samat arvot samalla arvoasteikolla. (Vrt. Heer & Shneiderman 2012; Carr 1999.)
  - Erillisten näkymien järjestys pitäisi olla vaihdettavissa (Heer & Shneiderman 2012).
- **Voiko käyttäjä muokata vapaasti esitysparametreja vain silloin, kun datajoukosta ei voida suoraan päätellä parhaita mahdollisia oletusarvoja?**
  - Visualisoinnille tulisi mahdollisuuksien mukaan valita sopivat oletusarvot tai automaattisesti päätellä datajoukosta sopivat esitysparametrit, jotta visualisointi välittäisi mahdollisimman paljon tietoa (van Wijk 2005, 83).
  - Vuorovaikutteisuus voi aiheuttaa väärintulkintaa, jos käyttäjä saa liian vapaasti muokata esitysparametreja. Asettaessaan epäsoyvät arvot käyttäjälle ei välity tarpeeksi informaatiota ja väärintulkinnan mahdollisuus kasvaa. (van Wijk 2005, 83.)
- **Voiko käyttäjä hyödyntää tehtävien suorittamisessa aiemmin (visualisoinnista tai sen ulkopuolelta) oppimaansa?**
  - Visualisoinnin käytön tehtäviä ovat yleiskatsaus, tarkennus, suodatus, lisäinformaation haku, vertaaminen ja historian haku sekä ja datan osajoukon syöteparametrien purkaminen (Shneiderman 1996, 337). Aiempien, helpompien tehtävien on tuettava seuraavia, monimutkaisempien tehtäviä (vrt. Hornbæk & Frøkjær 2002; Shneiderman 1996, 337).
  - Tutuus – hyödynnä käyttäjän aiempaa tietoa (IBM 2004).
  - Käytä standardisoituja esitys- ja toimintatapoja.
  - Käyttöliittymän täytyy olla ennustettava (Hornbæk & Frøkjær 2002, 489).

## 7. Tulkinnan oikeellisuuden todennettavuus

- **Tarjotaanko visuaalisille vihjeille (esim. sijainnille, koolle ja muodolle) lähtöarvot?**
  - Visuaalinen informaatio tulisi olla ymmärrettävissä myös puutteellisilla tiedoilla ja olisi esitettävä myös vaihtoehtoisella tavalla (Hornbæk & Frøkjær 2002, 489, 500).
  - Visualisoidun datan lähtöarvot tulisi olla saatavilla, jotta visuaalisen esityksen tulkinnan oikeellisuus olisi vahvistettavissa ja esitys voitaisiin ymmärtää paremmin. (Vrt. Heer & Shneiderman 2012.)
  - Jos visuaalinen vihje kuvaa vain arvojen suhteellista eroa, käyttäjä saa tekstimuodosta tarkat arvot.
  - Ensimmäisen kerran visualisoinnin nähdessään havaitsija käy läpi kolme vaihetta (vrt. Carpenter & Shah 1998): visuaalisen koodauksen havaitsemisen ja tulkinnan, elementtien visuaalisten vihjeiden keskinäisten suhteiden tunnistamisen ja niiden vertaamisen lähtöarvoihin.
- **Onko visuaalinen informaatio esitetty myös vaihtoehtoisella tavalla?**
  - Vaihtoehtoisella esitystavalla voidaan lisätä todennäköisyyttä, että käyttäjä hyödyntää oikeaa aiempaa tietämystään (Hullman et al. 2011, 2220).
  - Visuaalinen informaatio tulisi olla ymmärrettävissä myös puutteellisilla tiedoilla ja olisi esitettävä myös vaihtoehtoisella tavalla (vrt. Hornbæk & Frøkjær 2002, 489, 500).
  - Järjestelmän käytön tulisi olla tehokasta sekä aloittelijoille että kokeneille käyttäjille (Hornbæk & Frøkjær 2002, 501).
  - Käyttöliittymäsuunnittelussa on seurattava keskeisimmän käyttäjäpersoonan (käytettävyytystutkimusmenetelmä) käsitemallia (Cooper et al. 2007, 105).
  - Käyttäjä ei saisi missään vaiheessa kokea itseään ymmärtämättömäksi (Cooper et al. 2007, 97).
  - Käyttäjän ei voida olettaa opettelevan enempää järjestelmän käyttöä kuin tämän tehtävien suoritus vaatii, vaan heidän ymmärryksensä järjestelmästä on yleensä vajaa (Hornbæk & Frøkjær 2002, 500).
  - Ensimmäisen kerran visualisoinnin nähdessään havaitsija käy läpi kolme vaihetta (vrt. Carpenter & Shah 1998): visuaalisen koodauksen havaitsemisen ja tulkinnan, elementtien visuaalisten vihjeiden keskinäisten suhteiden tunnistamisen ja niiden vertaamisen lähtöarvoihin.
- **Kerrotaanko ohjeissa selitykset visuaalisille vihjeille (esim. sijainneille ja väreille)?**

## 8. Informaation käsittelyn tehokkuus

- **Hyödynnetäänkö jo kerran haettua ja käsiteltyä dataa?**
  - Vuorovaikutteisen visualisoinnin vaarana on pitkä uudelleenlaskenta-aika (Van Wijk 2005, 83). Informaation käsittelyssä on tasapainoiltava sujuvan käyttökokemuksen ja muistitilan liiallisen kuormituksen välillä: Jos käsiteltyä dataa säilytetään suuria määriä muistissa, etenkin mobiililaitteen muisti saattaa kuormittua liiaksi. Toisaalta dataa haettaessa ja käsiteltäessä toistuvasti uudelleen käyttökokemus voi heikentyä tiedonkäsittelyajan pitkittyessä.
  - Pitkä tiedonkäsittelyaika voi häiritä käyttäjän keskittymistä (vrt. Van Wijk 2005, 83; Shneiderman & Bederson 2005).

## 9. Eritasoisten käyttäjien huomioiminen

- **Onko visualisointi ymmärrettävissä, vaikka visualisoinnin esittämä asia ei olisi-kaan käyttäjälle aiemmin tuttu?**
  - Informaatio tulisi esittää siten, että se on ymmärrettävissä puutteellisilla tiedoilla (Hornbæk & Frøkjær 2002, 500).
  - Käyttäjälle olisi esitettävä kaikki tarvittava tieto asiayhteydestä oikealla tarkkuudella (Steele & Iliinsky 2011, 91).
- **Kerrotaanko ohjeissa visualisoinnin merkitys?**
  - Ohjeistetaanko visualisoinnin käyttöä?
  - Onko ohjeistus sidottu aloittelijan käsitelmalliin ja tavoitteisiin?
  - Suunnittele keskivertokäyttäjälle, tarjoa ohjeet alemman tason käyttäjälle (Cooper et al. 2007).
  - Sido esitettävä informaatio käyttäjän ymmärtämään asiayhteyteen (Cooper et al. 2007, 30).
  - Järjestelmässä pitäisi olla yhteys todelliseen maailmaan (Nielsen 1994a, 153).
  - Käyttäjä ei yleensä ymmärrä teknisiä termejä.
  - Käytä tuttuja käsitteitä ja luonnollista kieltä (Nielsen 1994a, 157).
- **Tarjotaanko kokeneille käyttäjille toimintoja ja näkymiä, jotka tehostavat oivalluksia?**
  - Oivalluksia tehostavat toiminnot ja näkymät eivät saisi häiritä keskivertokäyttäjän ymmärryksen muodostumista visualisoinnista. (Vrt. Hullman et al. 2011, 2213.)
  - Järjestelmän käytön tulisi olla tehokasta sekä aloittelijoille että kokeneille käyttäjille (Hornbæk & Frøkjær 2002, 501).

- Suunnittele keskivertokäyttäjälle sekä tarjoa ohjeet aloittelijalle ja tehokkaita toimintoja kokeneelle käyttäjälle (vrt. Cooper et al. 2007, 569; Hullman et al. 2011).  
Järjestelemällä elementtejä datajoukosta voidaan tehokkaasti löytää säännönmukaisuuksia ja ryhmiä. Yleisin tapa järjestää tuloksia on yhden tai useamman ominaisuuden perusteella. (Heer & Shneiderman 2012.)
- **Asetetaanko visualisoinnille datajoukon ymmärtämisen kannalta parhaat mahdolliset esitysparametrit?**
  - Visualisoinnille on pyrittävä määrittelemään automaattisesti sellaiset arvot, että mahdollisimman paljon merkityksellistä tietoa välittyy käyttäjälle (van Wijk 2005, 83).  
Vuorovaikutteisuus voi aiheuttaa väärintulkintaa, jos käyttäjän annetaan liian vapaasti muokata esitysparametreja. Asettaessaan epäsopivat arvot käyttäjälle ei välity tarpeeksi informaatiota ja väärintulkinnan mahdollisuus kasvaa. (Van Wijk 2005, 83.)
- **Korostetaanko tärkeimpiä asioita (esim. toimintapainikkeita ja tekstejä) ikoneilla?**
  - Tärkeimmät tekstit on esitettävä listana ja niitä on tuettava graafisilla ikoneilla (Cooper et al. 2007, 573).  
Ikonien on kuvastettava käyttäjän käsitelmalleja ja osatavoitteita (vrt. Cooper et al. 2007, 569; Shneiderman 1996, 337).
- **Onko vaikeaselkoisia tai vaikeasti havaittavia näkymämuutoksia havainnollistettu käyttämällä visualisoineissa animointia?**
  - Jos muutos tapahtuu muualla kuin vuorovaikutuksen aiheuttavassa elementissä, varsinkin havainnoinnin ääreisalueella, muutos on esitettävä selkeästi. Animaatiolla voidaan kiinnittää tehokkaasti käyttäjän huomio merkittävään muutokseen havainnoinnin reuna-alueella (vrt. Heer & Robertson 2007).
  - Tärkeimmät muutokset on animoitava, jotta ne olisivat intuitiivisesti ja nopeasti ymmärrettävissä, varsinkin jos käyttäjän ajattelukyky ei muuten riitä muutoksen ymmärtämiseen. (Hullman et al. 2011, 2218.)
  - Heer ja Robertson (2007) esittävät animaatiolle neljää vahvuutta: Se kiinnittää tehokkaasti käyttäjän huomion myös havainnoinnin reuna-alueella, kuvaa alkutilan ja lopputilan yhteyttä, kuvaa syy-seuraussuhdetta sekä voi olla lumoava ja lisätä kiinnostusta asiaan.  
Rakenteen paljastava vuorovaikutus lisää informaation ymmärrettävyyttä (Berg 2012, 23 & 29).

## 10. Sosiaalinen ulottuvuus ja datan uudelleenkäyttö

- **Voiko käyttäjä jakaa visualisoinnin tilan (työvaiheen, analyysiprosessin eri vaiheet ja tulokset)?**
  - Havainnoinnin ja kognition lisäksi visualisoinnissa on huomioitava ja tuettava sosiaalinen ulottuvuus. Visualisoinnin jakaminen mahdollistaa erilaiset tulkinnat, keskustelut ja visualisoinnin paremman näkyvyyden. (Heer & Shneiderman 2012, 53.) Visualisointi voi olla jaettavissa sellaisenaan, staattisena kuvana tai linkkinä.
  - Suuren datajoukon ymmärtämistä voidaan tukea tarjoamalla käyttäjille yhteisöllisen graafisten huomautusten lisäämisen, visualisointijärjestelmän tietyn näkymän tallentamisen ja jakamisen sekä keskustelun toiminnallisuudet (vrt. Heer et al. 2007).
- **Voiko käyttäjä lisätä kommentteja visualisoinnin analyysiprosessin eri vaiheisiin?**
  - Havainnoinnin ja kognition lisäksi visualisoinnissa on huomioitava ja tuettava sosiaalinen ulottuvuus. Visualisoinnin jakaminen mahdollistaa erilaiset tulkinnat, keskustelut ja visualisoinnin paremman näkyvyyden. (Heer & Shneiderman 2012, 53.) Visualisointi voi olla jaettavissa sellaisenaan, staattisena kuvana tai linkkinä.
  - Suuren datajoukon ymmärtämistä voidaan tukea tarjoamalla käyttäjille yhteisöllisen graafisten huomautusten lisäämisen, visualisointijärjestelmän tietyn näkymän tallentamisen ja jakamisen sekä keskustelun toiminnallisuudet (vrt. Heer et al. 2007).
- **Voidaanko visualisointi julkaista (esim. Verkkosivulla)?**
  - Havainnoinnin ja kognition lisäksi visualisoinnissa on huomioitava ja tuettava sosiaalinen ulottuvuus. Visualisoinnin jakaminen mahdollistaa erilaiset tulkinnat, keskustelut ja visualisoinnin paremman näkyvyyden. (Heer & Shneiderman 2012, 53.) Visualisointi voi olla jaettavissa sellaisenaan, staattisena kuvana tai linkkinä.
  - Suuren datajoukon ymmärtämistä voidaan tukea tarjoamalla käyttäjille yhteisöllisen graafisten huomautusten lisäämisen, visualisointijärjestelmän tietyn näkymän tallentamisen ja jakamisen sekä keskustelun toiminnallisuudet (vrt. Heer et al. 2007).
- **Saako visualisoinnin datan tallennettua?**
  - Data on uudelleenkäytettävissä ja jaettavissa tallennettaessa se ulkoiseen tiedostoon (vrt. Heer & Shneiderman 2012, 53).
  - Esitysparametrien ja datan tai sen osajoukon purkaminen ja tallentaminen ulkoiseen tiedostoon voi vahvistaa tulkintoja (vrt. Heer & Shneiderman 2012, 53);



Shneiderman 1996, 340). Datan tutkimiseen voi lisäksi löytyä uusia näkökulmia ja ulottuvuuksia.

- Lähtödatan ja esitysparametrien purkaminen (engl. extract) lisää visualisoinnin elementtien ja datan yhteyden läpinäkyvyyttä ja edelleen visualisoinnin ymmärrettävyyttä, uskottavuutta ja luotettavuutta.
- Visualisointi on esteettömämpi, jos visuaalinen informaatio on purettavissa tekstimuotoon. Tällöin informaatio on varmasti saavutettavissa myös ruudunlukijalla.

## Osa-alue: Saavutettavuus

### 11. Saavutettavan teknologian käyttö

- **Toimiiko visualisointi mobiililaitteella?**
  - Visualisointia voidaan käyttää hyvin erilaisilla päätelaitteilla.
  - Eri päätelaitteille skaalautuvia tekniikoita ovat esimerkiksi Javascript, canvas ja standardeihin perustuvat svg-grafiikka ja css. Heikkouksia on havaittu Javassa ja Flashissa.
- **Toimiiko visualisointi kosketusnäytöllä?**
- **Toimiiko visualisointi myös vaatimattomammalla laitteella?**
  - Visualisoinnin suunnittelussa on huomioitava, että käytettävissä päätelaitteissa prosessorin teho sekä muistin ja levytilan määrä voi vaihdella paljon. Keskusmuistia on käytettävä hillitysti, koska myös sovellusten moniajo on yleistä.
  - Jos visualisointi vaikuttaa hitaalta ja raskaalta, visualisoinnin toteuttajalta kannattaa kysyä asiasta.
- **Skaalautuuko visualisointi erikokoisille päätelaitteille?**
- **Onko osoitustoiminnallisuuden informaatio saatavissa myös klikkaamalla?**
  - Kaikki päätelaitteet eivät tue osoitustoiminnallisuutta.
- **Toimiiko visualisointi yleisimmillä selaimilla (Internet Explorer, Mozilla Firefox, Google Chrome)?**
  - Yleisimpiä selaimia ovat Internet Explorer, Mozilla Firefox, Google Chrome (W3Schools).

### 12. Esteetön tiedon esittäminen

- **Onko visualisointi ymmärrettävissä myös harmaasävyisenä?**

- Värien havainnoinnissa on suuria yksilökohtaisia eroja, joten värillä esitetty informaatio tulisi esittää myös vaihtoehtoisella tavalla. Lisäksi eri päätelaitteet toistavat värit hyvin eri tavoin.
- 10 prosentilla miehistä ja 1 prosentilla naisista on heikkouksia näkökyvyssä (Ware 2004, 99).
- Visuaalinen informaatio tulisi olla ymmärrettävissä myös puutteellisilla tiedoilla ja olisi esitettävä myös vaihtoehtoisella tavalla (vrt. Hornbæk & Frøkjær 2002, 489, 500).
- Visuaalisen vihjeen tulkinnan oikeellisuus tulisi olla tarkistettavissa lähtöarvoista (Heer & Shneiderman 2012).
- Selaimen asennettavalla liitännäisellä voi selvittää, onko merkittävä informaatio saatavissa myös ilman värejä ja onko visualisointi saavutettava myös väriskoille.
- Värisokea erottaa toisistaan todennäköisimmin sinisen, keltaisen, mustan ja valkoisen (Sinkkonen et al. 2006, 134).
- **Onko dataa kuvaavissa elementeissä kuvattu saman ominaisuuden eri arvoja helposti toisistaan erotettavilla väreillä?**
  - Suurin osa värien havaitsemisen heikkouksista johtuu pitkien tai keskipitkien aallonpituuksien tappisolujen vähydestä, mistä johtuu esimerkiksi punaisen ja vihreän värin erottamisen vaikeus (Ware 2004, 99–100).
  - Toisistaan vaikeasti erotettavia värejä ovat punainen, ruskea, vihreä, harmaa ja sinipunainen, etenkin jos niitä käytetään rinnakkaisina väreinä (Sinkkonen et al. 2006, 134).