

Iina Pietilä, Laura Sorjamaa, Jenny Wiklund

Aberraatiot haltuun

Tapaustutkimus: Zeiss yksilöllisesti mitoitettut linssit
vs. i.Scription-teknologialla valmistetut linssit

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Optometrismi

Optometrian koulutusohjelma

Opinnäytetyö

30.10.2013

Tekijät Otsikko	lina Pietilä, Laura Sorjamaa, Jenny Wiklund Aberraatiot haltuun
Sivumäärä Aika	50 sivua + 5 liitettä 30.10.2013
Tutkinto	Optometrismi (AMK)
Koulutusohjelma	Optometrian koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Optometria
Ohjaajat	Lehtori Juha Havukumpu Lehtori Juha Päällysaho
<p>Carl Zeiss Vision Nordics Ab on tuonut Suomen markkinoille vuonna 2010 i.Profiler-mittauslaitteen, jolla voidaan mitata silmässä esiintyvien aberraatioiden määrä, sarveiskalvon muotoa sekä objektiivisesti taittovirhettä. Yhdistämällä nämä mitat subjektiiviseen silmän taittovirheen määrittämiseen, pystytään valmistamaan yksilöllisiä i.Scription silmälasilinssejä. Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää kokevatko käyttäjät subjektiivisia käytettävyyseroja yksilöllisillä mitoilla valmistettujen ja i.Scription-tekniikan avulla valmistettujen linssien välillä. Halusimme myös selvittää saadaanko linssien välille mitattavia näöntarkkuus- ja kontrastiherkkyseroja.</p> <p>Opinnäytetyö on kuvaileva tapaustutkimus ja se toteutettiin kvalitatiivisesti. Tutkimusjoukko koostui kuudesta tutkimushenkilöstä, joista kolme oli yksitehosilmälasiä käyttäjiä ja kolme progressiivisten silmälasilinsien käyttäjiä. Tutkimushenkilöiltä mitattiin näöntarkkuus ja kontrastiherkkyys FrACT-tietokoneohjelmalla jo olemassa olevilla silmälasilla sekä molemmilla testilinsseillä. Lisäksi tutkimushenkilöt vastasivat Google Docx-ohjelmalla laadittuun kyselylomakkeeseen linssien käytettävyydestä.</p> <p>Opinnäytetyössä on perehdytty kirjallisuuteen näöntarkkuudesta, näöntarkkuuden mittaamisesta, kontrastiherkkydestä, kontrastiherkkyuden mittaamisesta, aberraatiosta ja silmälasien mitoituskehykseen. Opinnäytetyössä kuvataan myös Zeiss i.Profiler:n toimintaperiaatetta sekä i.Scription-tekniikkaa.</p> <p>Kaiken kaikkiaan voidaan todeta, että tutkimusjoukkomme sisällä i.Scription-tekniikan linssit tarjosivat tarkempaa näkemistä erityisesti korkeakontrastisissa olosuhteissa. Käyttäjien subjektiiviseen käyttökokemukseen nähden merkittävää eroa linssien välillä ei kaikkien tutkimushenkilöiden kohdalla kuitenkaan pystytty luotettavasti osoittamaan. Tutkimusjoukon pienuuden vuoksi tutkimustuloksia ei voida yleistää.</p>	
Avainsanat	i.Profiler, aberraatiot, kontrastiherkkyys, näöntarkkuus

Authors Title	lina Pietilä, Laura Sorjamaa, Jenny Wiklund Taking ocular aberrations into account
Number of Pages Date	50 pages + 5 appendices 30 October 2013
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Optometry
Specialisation option	Optometry
Instructors	Juha Havukumpu, Senior Lecturer Juha Päällysaho, Senior Lecturer
<p>i.Profiler is a device with which aberrations, cornea shape and objective refraction can be measured. It was brought to the market by Carl Zeiss Vision Nordic Ab in the year 2010. By combining these measurements to the subjective refraction, Zeiss can manufacture individual i.Scription-spectacle lenses. The purpose of this study was to find out if the consumers can perceive the difference between individually manufactured and i.Scription-technology supported lenses while wearing them. The other aim of the study was to find out, if measurable visual acuity and/or contrast sensitivity differences can be detected.</p> <p>The study was conducted as a quantitative descriptive case study. The test group consisted of six subjects of whom three of them were a single vision and three progressive spectacle lens users. Visual acuity and contrast sensitivity was measured by using FrACT-computer program. Measurements were taken with the subjects own spectacles and with both test lenses. In addition, subjects answered Google.docx-questionnaire about the lenses usability.</p> <p>For this study we have familiarized ourselves with literature of visual acuity and contrast sensitivity as well as aberrations in the human eye and spectacle measurements. This study also introduces i.Profiler, a combined aberrometer, keratometer, topographer and auto-refractometer and i.Scription technology.</p> <p>All in all it can be pointed out that in our test group i.Scription-lenses provide better visual acuity in high contrast conditions. However, we couldn't reliably verify the difference between the two lens types regarding subjects' experience of lenses usability. Due to the small size of our test group, the results of this study cannot be generalized.</p>	
Keywords	i.Profiler, aberrations, contrast sensitivity, visual acuity

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Näöntarkkuus ja kontrasti	2
2.1	Näöntarkkuuden mittaaminen	2
2.2	Kontrastin mittaaminen	3
3	Aberraatiot	5
3.1	Kromaattinen aberraatio	5
3.2	Matalamman asteen aberraatiot	6
3.3	Korkeamman asteen aberraatiot	7
4	Linssien mitoitus silmälasikehykseen	8
4.1	Silmäteräväli ja rajankorkeus	8
4.2	Pintaväli, kaltevuuskulma ja kaarevuus	9
5	Zeiss i.Profiler ja i.Scription	11
5.1	Mittausmenetelmät ja parametrit	11
5.2	i.Scription-linssit	13
6	Tutkimuksen luonne	14
6.1	Tutkimuksen tarkoitus ja tavoitteet	14
6.2	Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen kulku	15
7	Tutkimusjoukko	17
7.1	Tutkimushenkilö A	17
7.2	Tutkimushenkilö B	22
7.3	Tutkimushenkilö C	27
7.4	Tutkimushenkilö D	32
7.5	Tutkimushenkilö E	37
7.6	Tutkimushenkilö F	41
8	Tutkimustulokset	46
9	Pohdinta	48
	Lähteet	50

Liitteet

Liite 1. Saatekirje

Liite 2. Kyselylomake

Liite 3. Kyselylomakkeen vastausten yhteenveto

Liite 4. Avoimet kommentit tutkimushenkilöiltä

Liite 5. Näöntarkkuus eri kontrastiarvoilla

1 Johdanto

Carl Zeiss Vision International GmbH on tuonut markkinoille vuonna 2010 i.Profiler-mittauslaitteen, jolla voidaan mitata silmässä esiintyvien kuvausvirheiden eli aberratioiden määrä, sarveiskalvon muotoa sekä objektiivisesti silmän taittovirheettä. Yhdistämällä nämä mitat subjektiiviseen taittovirheen määrittämiseen, pystytään valmistamaan yksilöllisiä i.Scription silmälasilinssejä. Näiden linssien luvataan parantavan kontrastia, käyttäjän hämäränäköä ja antavan kylläisemmät sekä kirkkaammat värit. Linssien luvataan myös vähentävän heijastumia ja häikäistymistä sekä tuottavan kokonaisuudessaan tarkemman näkövaikutelman. (Carl Zeiss 2012.)

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää kokevatko käyttäjät subjektiivisia käytettävyyseroja yksilöllisillä mitoilla valmistettujen ja i.Scription linssien välillä. Halusimme myös selvittää saadaanko linssien välille mitattavia näöntarkkuus- ja kontrastiherkkyseroja.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään näöntarkkuutta, kontrastiherkkyttä ja niiden mittaamista, aberratiota, silmälasimitoituksia sekä Zeiss i.Profiler-laitteen toimintaperiaatetta ja siihen liittyvää i.Scription-teknologiaa. Tutkimuksen toteutusosassa kerrotaan käyttämistämme tutkimusmenetelmistä, tutkimuksen kulusta sekä sen tuloksista. Opinnäytetyön aiheen jäsentely aloitettiin keväällä 2012. Varsinaiset linssitestaukset toteutettiin kevään 2013 aikana. Tutkimustulokset keräsimme kyselylomakkeella ja näöntarkkuutta sekä kontrastiherkkyttä mittaamalla.

Opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä Carl Zeiss Vision Finland Oy:n ja Silmäasema Fennica Oy:n kanssa. Tarvittavat näöntutkimukset tutkimusta varten suoritti opettaja Johanna Valtanen. Opinnäytetyön ohjaajina toimivat lehtorit Juha Havukumpu ja Juha Päällysaho.

2 Näöntarkkuus ja kontrasti

Näöntarkkuus eli visus on näköjärjestelmän spatiaalinen erotuskyky (spatiaalifrekvenssi), joka ilmaisee sen yksityiskohdan koon kulmaminuutteina, jonka katselija pystyy vielä juuri ja juuri erottamaan taustasta. Mitä pienempiä yksityiskohtia ihminen pystyy erottamaan määrättyltä etäisyydeltä, sitä parempi on hänen näöntarkkuutensa. Näöntarkkuuden rajoitteet liittyvät silmän optisiin ja neuraalisiin tekijöihin tai niiden yhdistelmiin. Optisia rajoitteita voivat olla esimerkiksi silmän taittovirheet, optisten väliaineiden epäpuhtaus ja aberratiot. Neuraalisia syitä ovat muun muassa tappisolujen sijoittumistiheys verkkokalvolla ja hermoyhteyden toimivuus silmien ja aivojen välillä. (Benjamin 1998: 179; Grosvenor 2007: 9; Rabbetts 2007: 28–29.)

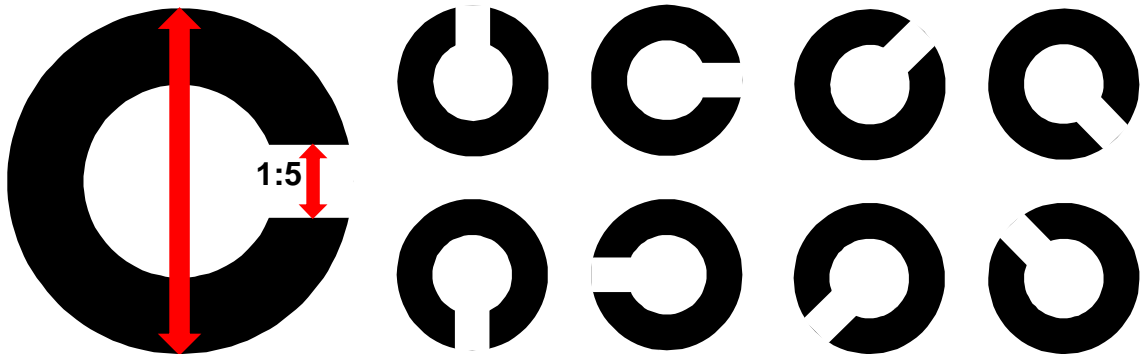
Luminanssi kuvaa pinnan takaisin heijastaman valon määrää. Sen voimakkuutta mitataan kandeloissa per neliometri (cd/m^2). Kahden pinnan luminanssieroa kutsutaan kontrastiksi. Kontrasti ilmoitetaan prosenteissa ja se voi olla mitä tahansa välillä 0 ja 100 %, jossa 100 % ei heijasta valoa takaisin laisinkaan. Maksimaalisen näöntarkkuuden määrittämiseen tulee käyttää korkeakontrastisia testimerkkejä, joissa taustan ja testimerkin välinen kontrasti tulee olla yli 90 % (British Standard 4274). (Benjamin 1998: 203; Rabbetts 2007: 36–37.)

Kontrastiherkkyydellä tarkoitetaan sitä, kuinka pieniä luminanssieroja ihminen pystyy havaitsemaan. Kontrastin alentuessa, esineen hahmottaminen vaikeutuu. Kun ihminen ei enää erota kahden eri tason välistä luminanssieroaa eli kontrastia, on henkilö saavuttanut yksilöllisen kontrastikynnyksensä. Kontrastiherkkyys tietyllä paikkataajuudella voidaan laskea ottamalla käänteisarvo kontrastikynnyksestä. Kontrastiherkkyuden alentuessa ihminen voi kokea näkemisen laadun heikoksi, vaikka näöntarkkuusarvot korkeakontrastisissa olosuhteissa olisivatkin hyvät. Tällöin matalakontrastiset kohteet erottuvat heikosti. (Benjamin 1998: 203, 208; Rabbetts 2007: 49–50.)

2.1 Näöntarkkuuden mittaaminen

Näöntarkkuutta mitataan optotypeillä. Optotyypit voivat olla symboleja, kirjaimia tai sanoja. Näöntarkkuuden arvo määritellään pienimmän optotyypin koolla, jonka tutkittava pystyy tunnistamaan. Käytössä on erilaisia standardisoituja testitauluja, kuten Snellen-taulu, jossa optotyyppinä käytetään kirjaimia. Tietyt optotyyppisarjat ovat myös

standardisoituja, kuten Landoltin rengas, Sloanin kirjaimet ja brittiläiset kirjaimet. Landoltin rengas on kooltaan 5x5 kulmaminuuttia ja siitä puuttuu yhden kulmaminuutin kokoinen pala (ks. kuvio 1). Yleensä puuttuva palanen voi sijaita ylhäällä, oikealla, alhaalla tai vasemmalla. Landoltin renkaasta voidaan käyttää myös variaatiota jossa puuttuva palanen voi sijaita kahdeksassa eri suunnassa. (Grosvenor 2007: 9; Rabbetts 2007: 34.)



Kuvio 1. Landoltin rengas

Tila optotyyppien välissä lisää niiden luettavuutta eli mitä lähempänä kirjaimet ovat toisiaan, sitä hankalampi niitä on erottaa ja tunnistaa. Tätä kutsutaan *Crowding*-ilmiöksi. Tästä syystä näytettäessä testimerkkejä yksittäin voidaan saada mitattua parempia näöntarkkuusarvoja. Näöntarkkuus voidaan ilmaista Snellen-, desimaali- ja logMAR- arvoilla. Suomessa käytetään desimaaliasteikkoa, vaikka logMAR on asteikoista tarkin ilmaisemaan erotuskykyä. Mitä korkeampi desimaali arvo on, sitä parempi on näöntarkkuus. Normaalin näöntarkkuuden raja-arvo desimaaliasteikolla mitattuna on 1.0. (Benjamin 1998: 180–182,187; Grosvenor 2007: 10; Rabbetts 2007: 45.)

2.2 Kontrastin mittaaminen

Kontrastia voidaan mitata juovasto- sekä optotyyppitesteillä. Testattaessa kontrastiherkkyyttä juovastotesteillä, esimerkiksi Vistech-testillä, näytetään tutkittavalle pysyvuus- tai neliöaaltojuovia jotka on suunniteltu niin, että keskiverto luminanssi on pysyvä kaikille juoville eli vaaleamman juovan luminanssi pysyy vakiona. Kahden juo-

van väli edustaa aina tiettyä paikkataajuutta eli spatiaalifrekvenssiä. (Grosvenor 2007: 170–171.)

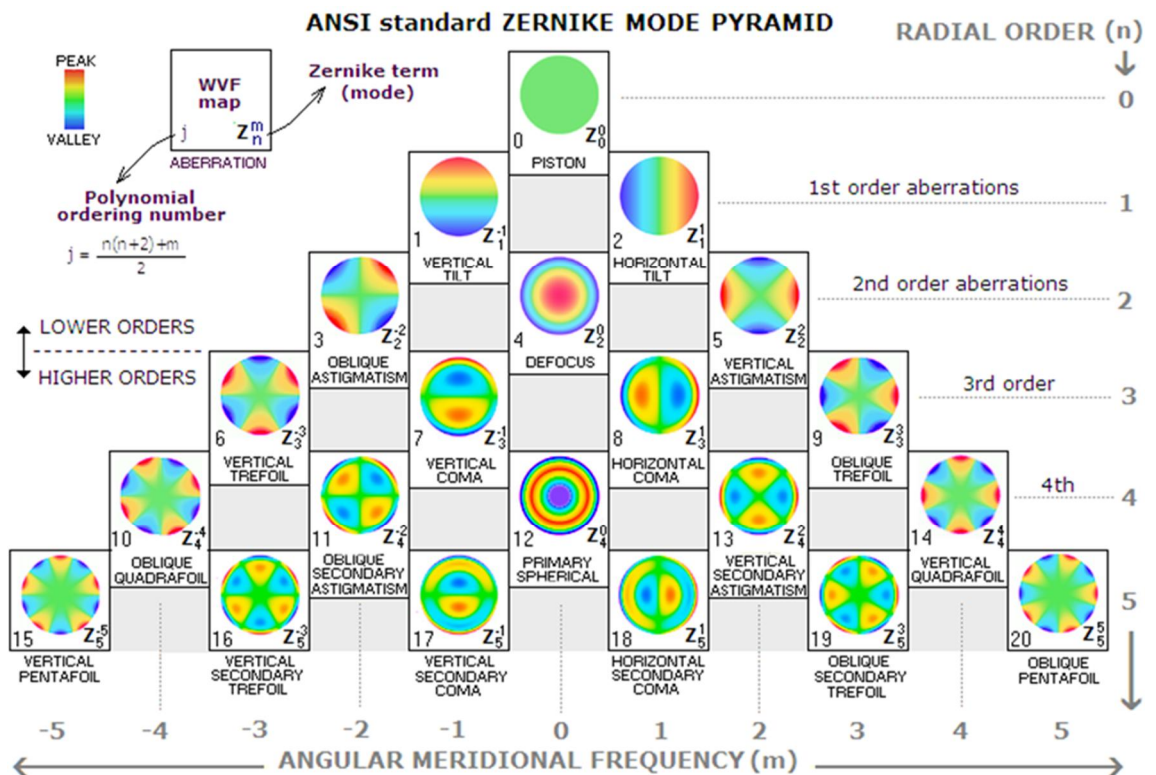
Ihanteellisessa kontrastiherkkyystestissä olisi parempi käyttää Bailey-Lovien-kirjaimia kuin juovastoja, koska kirjaimissa on enemmän vaihtoehtoja ja arvaamisen mahdollisuus on pienempi kuin juovastotesteissä. Testikuvioiden kontrastiarvon tulisi muuttua logaritmisesti niin, että herkkyys matalille kontrasteille saadaan tarkistettua mahdollisimman virheettömästi. Testi tulisi toistaa, jotta sen tuloksia voidaan pitää luotettavina. Bailey-Lovien kontrastiherkkyystaulussa on kirjaimia eri näöntarkkuusarvoille. Tauluisa kontrasti säilyy samana ja näitä tauluja on saatavilla eri kontrastitasoilla. Pelli-Robsonin taulussa sen sijaan optotyypin koko pysyy samanlaisena, mutta kontrastiarvo pienenee joka neljännen kirjaimen kohdalla. Viimeisimpiä tapoja mitata kontrastiherkkyttä ovat erilaiset tietokoneohjelmat, kuten Freiburg Vision Test. (Bach 2011; Benjamin 1998: 212–218.)

Freiburg Vision Test eli ”FrACT” on internetistä vapaasti saatavilla oleva ohjelma, jonka on kehittänyt professori Michael Bach. Ohjelmalla voidaan muun muassa mitata näöntarkkuutta ja kontrastiherkkyttä. FrACT:ssa on mahdollista yhdistää näöntarkkuuden ja kontrastiherkkyden mittaaminen niin, että se määrittää raja-arvot pienimmälle mahdolliselle erotuskyvyille valitulla kontrastilla. Ohjelmassa voidaan määrittää paljon yksilöllisiä asetuksia sen mukaan, kuinka mittaukset halutaan suorittaa. (Bach 2011.)

FrACT:ssa käytetään optotyypinä Landoltin rengasta. Näöntarkkuuden raja-arvoa mitattaessa käyttäjä voi valita optotyypille haluamansa kontrastiarvon yhden prosentin tarkkuudella. Testi ilmoittaa saavutetun näöntarkkuuden logMAR-, desimaali- ja Snellen-arvona. FrACT:ssa voidaan myös määrittää pienin optotyypin koko, jota tutkimuksessa halutaan käyttää. Pienin mahdollinen optotyypin koko voi olla näöntarkkuusarvoltaan desimaaleina ilmaistuna 2.5. Testi mittaa erotuskyvyn kynnyistä portaittain pienenevää optotyyppiä käyttäen kunnes asiakas vastaa väärin tai ei kykene vastaamaan lainkaan. Väärästä vastauksesta testi siirtyy takaisin isompaan optotyyppiin, jonka koko kasvaa kunnes vastaus on taas oikea. Tällä tavoin testi hakee raja-arvon suurimmalle mahdolliselle erotuskyvyille. Optotyyppi voidaan näyttää testissä yksittäin, kehystettynä ympyrällä tai neliöllä tai vaihtoehtoisesti osana optotyyppiriviä. (Bach 2011.)

3 Aberraatiot

Virheettömässä optisessa järjestelmässä kaikki pistemäiset valonsäteet taittuvat samaan kuvautumispisteeseen muodostaen selkeän sekä terävän kuvan. Aberraatiot ovat kuvautumisvirheitä, jotka aiheuttavat pistemäisen valonlähteen hajoamisen, jolloin kuva ei muodostu enää pistemäisenä kuvautumispisteeseen. Se miten pistemäinen valonlähde hajoaa, riippuu aberraatiotyypistä. (Hyper Physics n.d.) Erilaisia aberraatiotyyppejä kuvataan Zerniken polynomin avulla (ks. kuvio 2). Silmässä aberraatiot syntyvät optisten väliaineiden epäsäännöllisyyksistä (Ledford - Daniels - Campbell 2009: 23). Silmässä on kuitenkin mekanismeja, joiden avulla silmä pystyy itse korjaamaan valoa taittavissa elementeissä (sarveiskalvossa, mykiössä ja lasiaisessa) olevia virheitä (Elkington - Frank - Greney 1999: 89).



Kuvio 2. Zerniken polynomi

3.1 Kromaattinen aberraatio

Kromaattinen aberraatio eli värihajonta syntyy valkoisen valon taittuessa optisessa rajapinnassa, jolloin se hajoaa osa-aaltopituuksiin eli väreihin. Mitä lyhyempi valon aal-

lonpituus on, sitä enemmän sen taittuminen poikkeaa kuvautumistasosta. Kuten optiset linssit, myös ihmissilmä aiheuttaa itsessään värvirhettä. Hyvin valaistuissa olosuhteissa kelta-vihreä valo eli 555 nanometrin aallonpituus taittuu virhetaitteettomassa silmässä tarkimmin verkkokalvotasoon. Kelta-vihreän valon aallonpituus sijaitsee sinisen ja punaisen aallonpituuksien välissä, mutta on hieman lähempänä punaista aallonpituutta. Kokonaisuudessa värihajonta punaisesta väristä siniseen väriin on noin kaksi dioptriaa. (Elkington ym. 1999: 89–92.)

3.2 Matalamman asteen aberraatiot

Astigmatismi eli hajataitteisuus on toisen asteen aberraatio, joka aiheuttaa pistemäisen valonlähteen kuvautumisen kartiomaisena. Silmään tuleva valo erotetaan kahteen meridiaaniin, jotka tyypillisesti ovat 90 asteen kulmassa toisistaan. Astigmatismi voi olla pysty- tai vaakasuunnassa tai vinoissa akselin suunnissa. Niitä voidaan korjata perinteisillä sfääris-sylinteri- tai sylinterilinsseillä. (Ledford ym. 2009: 23.) Astigmatismia syntyy kun valokimppu kulkee vinosti sfäärisen linssin läpi, jolloin valokimpusta tuleva valo taittuu kahteen eri tasoon silmän sisällä. Näiden tasojen välissä sijaitsee pienimmän hajonnan ympyrä eli silmän sfäärinen ekvivalentti. (Elkington ym. 1999: 95–96.)

Astigmatismi voi myös alentaa näöntarkkuutta esimerkiksi asiakkailta, joilla on rajoittunut silmänsäätökyky. Astigmatismien määrä riippuu myös linssistä, esimerkiksi bikonkaavi-linssi lisää astigmatismia enemmän kuin meniskus-linssi. Ihmisen silmässä on tekijöitä, jotka vähentävät astigmatismien vaikutusta. Näitä ovat esimerkiksi sarveiskalvon aplanaattinen kaarevuus ja verkkokalvon sfäärinen muoto. (Elkington ym. 1999: 95–96.)

Defocus on toisen asteen aberraatio, jossa valonsäteet taittuvat optiselle akselille liian voimakkaasti tai liian vähän verkkokalvotasoon nähden. Valon kohdentumisesta väärin seuraa kuvan epätarkkuutta. Defocuksessa kohdat joiden tulisi olla teräviä ja korkeakontrastisia kuvautuvat sumeina ja epätarkkoina eivätkä yksityiskohdat erotu selkeästi. (Smith 1990: 82–84.)

3.3 Korkeamman asteen aberraatiot

Koma on yksi kolmannen asteen aberraatioista. Vinoista suunnista tulevat valonsäteet, jotka läpäisevät linssin reuna-alueella taittuvat enemmän kuin aksiaaliset säteet. Tästä johtuen ne eivät taitu verkkokalvon aksiaaliseen polttopisteeseen. Muodostuva kuva ei ole pyöreä, vaan pyrstötähden muotoinen, jossa komeetan pyrstöosa on suuntautunut kohti optista akselia. Koma-virhettä ei voida täysin korjata silmälasilinsseillä. (Elkington ym. 1999: 96–97; Ledford 2009: 23; Millodot 2000: 57.)

Trefoil on myös kolmannen asteen aberraatio. Se muistuttaa perinteistä astigmatismia, mutta siinä on kahden meridiaanin sijasta kolme. Trefoilin vaikutuksesta valopiste kuvautuu kolmiomaisena. Tetrafoil on neljännen asteen aberraatio, joka on trefoilin kanssa samankaltainen, mutta siinä on kolmen sijasta neljä meridiaania. Pentafoil on viidennen asteen aberraatio ja sillä on viisi eri meridiaania. (Ledford ym. 2009: 24.)

Sfäärinen aberraatio on neljännen asteen aberraatio, joka muodostuu pallopintaisen linssin vaikutuksesta. Reuna-alueet taittavat valoa voimakkaammin kuin linssin aksiaalinen alue eli optinen keskipiste, jolloin linssin reuna-alueille muodostuu prismaattista vaikutusta. Tällä tavalla säteet, jotka läpäisevät linssin reuna-alueilla hajaantuvat enemmän kuin ne, jotka läpäisevät linssin optisesta keskipisteestä. Sfääriset aberraatiot esiintyvät silmän sfäärisissä pinnoissa, kun säteet jotka ovat lähempänä optista akselia keskittyvät kauemmaksi kuin laita-alueen säteet. Mitä kauempana kuvautumispaikat ovat toisistaan, sitä suurempi sfäärinen aberraatio on. (Elkington ym. 1999: 92–94; Ledford ym. 2009: 23.)

Ihmisen silmässä olevat sfääriset aberraatiot vähenevät useista tekijöistä johtuen. Sarveiskalvon kaarevuus on loivempi laita-alueilla kuin sarveiskalvon keskellä, tällöin se toimii aplanaattisena linssinä. Mykiön ytimessä on korkeampi taitekerroin kuin sen kuorikerroksessa, joten mykiön aksiaalinen alue taittaa valoa voimakkaammin kuin kuorikerros. Silmän värikalvo vähentää sfääristä aberraatiota säätelemällä tehokkaasti pupillin kokoa. Näin ollen laita-alueiden valonsäteiden pääsy silmän sisälle rajoittuu. Optimaalinen silmän pupillikoko on 2-2,5 millimetriä. Aksiaaliselta alueelta silmään tulevat valonsäteet taittuvat parhaiten tarkimman näkemisen alueelle. (Elkington ym. 1999: 92-94.) Mitä ulompana aberraatio Zerniken polynomissa on, sitä vähemmän aberraatio vaikuttaa muodostuvan kuvan laatuun (Ledford ym. 2009: 24 ja ks. kuvio 2).

4 Linssien mitoitus silmälasikehykseen

Linssien mitoittaminen silmälasikehykseen tarkasti on tärkeää, jotta linssit toimisivat toivotulla tavalla. Väärin asennetut linssit voivat aiheuttaa ei-toivottua prismaattista vaikutusta, sfäärisen voimakkuuden muutosta, sylinterin suunnanmuutosta tai suoran katselinjan kohdistumisen väärin linssin optisiin ominaisuuksiin nähden. Zeissin yksilöllisesti valmistettavien linssien mitoituksessa otetaan huomioon silmäteräväli, rajankorkeus, pintaväli, kehyksen kaltevuuskulma, kaarevuus sekä *framefit*-arvo. (Brooks - Borish 2007: 25, 27, 29–30, 62, 69–70, 146, 190–191, 339–340, 413; Carl Zeiss 2012.)

4.1 Silmäteräväli ja rajankorkeus

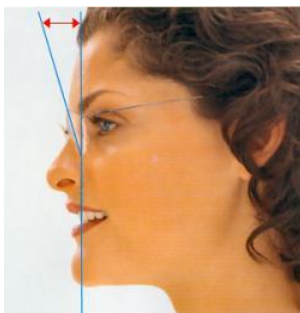
Silmäteräväli, PD (*pupil distance*), on matka oikean silmän pupillin keskipisteestä vasemman silmän pupillin keskipisteeseen ja se mitataan millimetreissä. Vaihtoehtoisesti silmäteräväli voidaan mitata matkana oikean silmän sarveiskalvoheijasteesta vasemman silmän sarveiskalvoheijasteeseen. Silmäteräväli voidaan määrittää myös erikseen molemmille silmille, suhteessa nenänselän keskikohtaan. Tämä olisi mittaustarkkuuden kannalta parempi vaihtoehto, koska kasvojen mittasuhteet eivät ole symmetriset. Keskiöväli on silmälasissa matka oikean linssin optisesta keskipisteestä vasemman linssin optiseen keskipisteeseen. Keskiövälin tulee olla sama kuin silmäterävälin, jotta ei syntyisi tahatonta prismaattista vaikutusta suorassa katselinjassa erityisesti linssien välisten voimakkuuserojen ollessa suuret. Käytettäessä asfäärisiä tai korkeataiteker-toimisia linssejä on tärkeää, että optinen keskipiste sijaitsee katselinjassa, jotta ei syntyisi kromaattista aberratiota. (Brooks - Borish 2007: 25, 27, 29–30, 62.)

Rajankorkeudella tarkoitetaan matkaa kehysaukon alareunasta linssin asennusristinkohdalle. Asennusristin tulee sijaita samalla kohdalla kuin pupillin keskipisteen tai sarveiskalvoheijasteen kanssa. Linssin oikea keskiöinti vaikuttaa progressiivisissa linssiissä katselualueiden sijoittumiseen näkökentässä ja yksiteholinsseissä ei-toivotun prismaattisen vaikutuksen muodostumiseen. Zeissin yksilölliset progressiiviset silmälasilinssit voidaan tilata erilaisilla *framefit*-arvoilla, jonka avulla voidaan muokata progressiokanavan pituutta sopivaksi käyttäjän tarpeiden ja silmälasikehyksen mukaan. (Brooks - Borish 2007: 458–459; Carl Zeiss 2012.)

4.2 Pintaväli, kaltevuuskulma ja kaarevuus

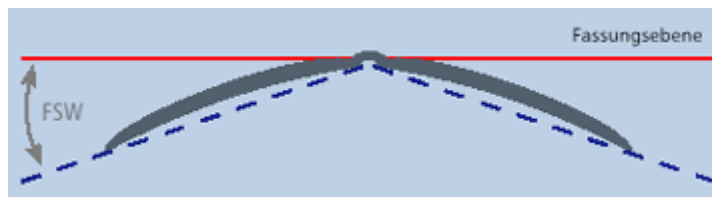
Pintaväli on etäisyys linssin takapinnasta silmän etupintaan. Mitä lähempänä linssi on silmän pintaa, sitä laajemman näkökentän katselija silmälasien läpi saavuttaa. Keskimääräinen pintaväli on 14 millimetriä, mutta todellisuudessa se vaihtelee paljon. Silmän taittovirheen määrittämisessä linssin pintaväli voi olla eri kuin silmälasikehyksen pintaväli. Tämä johtaa siihen, että refraktiossa määrätty silmälasivoimakkuus muuttuu virheelliseksi, jos pintavälin vaikutusta linssin voimakkuusvaikutukseen ei oteta huomioon. Pintavälimuutos vaikuttaa sekä linssin sfääriseen- että sylinterivoimakkuuteen. Mitä suurempi voimakkuus linssissä on, sitä suurempi merkitys on pintavälillä. Pintavälin kasvaessa miinusvoimakkuutta on lisättävä ja plusvoimakkuutta vähennettävä, jotta linssin voimakkuusvaikutus pysyy refraktion mukaisena. (Brooks - Borish 2007: 69–70, 190–191, 339–340; Zeiss n.d.)

Kaltevuuskulmalla tarkoitetaan sen kulman suuruutta, joka muodostuu sivusta katsottaessa kehyksen etuosan ja kasvojen pystytason välille (ks. kuvio 3). Kehyksen keskimääräinen kaltevuuskulma on yhdeksän astetta. Kulman muutos aiheuttaa muutoksia linssin voimakkuudessa. Muutoksen johdosta sfäärinen voimakkuus, sylinterivoimakkuus tai sylinterivoimakkuuden akselinsuunta voivat muuttua linssissä. Siitä voi myös seurata haitallista prismaattista vaikutusta. (Brooks - Borish 2007: 63, 146, 413; Zeiss n.d.)



Kuvio 3. Kehyksen kaltevuuskulman määrittäminen (Zeiss n.d.)

Kehyksen kaarevuudella tarkoitetaan kehyksen etupinnan kaarevuutta (ks. kuvio 4). Kaarevuudella on kosmeettisia ja optisia vaikutuksia. Optimaalisesti kaarevuuden tulee olla linssien pinnan ja silmien suhteen oikeassa linjassa. Kaarevuudella on samankaltaiset optiset vaikutukset kuin kaltevuuskulmalla, mutta vaakataso suunnassa. Keskimääräinen kaltevuuskulma on viisi astetta. (Brooks - Borish 2007: 63, 413; Zeiss n.d.)



Kuvio 4. Kehyksenkaarevuuden määrittäminen (Zeiss n.d.)

5 Zeiss i.Profiler ja i.Scription

Zeiss i.Profiler on laite, jossa yhdistyvät autorefraktometri, topografi, keratometri sekä aberrometri. Zeiss i.Profilerin avulla voidaan valmistaa aidosti yksilöllisiä i.Scription silmälasilinssejä, joiden valmistamisen taustalla on huolellinen subjektiivinen refraktio, silmälasikehyksen istuvuus ja silmälasilinssien mitoitus sekä Zeiss i.Profilerilla mitattu objektiivinen aaltorintamatekniikkaan perustuva refraktio. (Meister-Thibos 2010: 1.)

5.1 Mittausmenetelmät ja parametrit

Aberrometrillä voidaan kuvata silmän kuvautumisvirheiden tasoa ja laatua aaltorintamatekniikan avulla. Aaltorintaman kaarevuus ilmaistaan dioptereina, jotka kertovat kuvautumisvirheen suuruuden. Kunkin kuvautumisvirheen määrä ilmaistaan mikrometreinä (μm). Kun silmässä on enemmän kuin 0,33 mikrometriä jotakin korkeamman asteen aberratiota, sillä katsotaan olevan jo merkittävä vaikutus näkemisen laatuun. Tällainen virhe vastaa 0,25 dioptrian virhettä refraktiossa. Zeiss i.Scription linsseistä katsotaan olevan käyttäjälle erityisesti hyötyä silloin kun komaa tai trefoilia on enemmän kuin 0,10 mikrometriä ja sfääristä aberratiota on alle $-0,10$ mikrometriä. i.Scription linssejä ei suositella kuitenkaan mikäli sfääristä aberratiota on enemmän kuin $-0,10$ mikrometriä tai kun negatiiviseen sfääriseen aberratioon yhdistyy komaa tai trefoilia vähemmän kuin 0,10 mikrometriä. Kaikissa muissa tapauksissa i.Scription linssien katsotaan soveltuvan kuluttajalle. Aberraatiomittauksessa i.Profiler määrittää myös *Strehl*-suhdeluvun välillä nolla ja yksi. Mitä suurempi suhdeluku on sitä parempi on verkkokalvon kuvanlaatu. Suhdeluvun ylittäessä 0,8, katsotaan valonlähteen kuvautuvan pisteinä eikä aberratioista johtuvaa kuvanlaadun heikentymistä tapahdu. (Meister 2010: 2; Partio 2013; Liang - Williams 1997.)

Yleisesti subjektiivinen refraktio tehdään korkeakontrastisella näöntarkkuustaululla hyvässä valaistuksessa. Tällaisella tutkimusasetelmalla pyritään simuloimaan optimaalisia näköolosuhteita, joissa pupilli on halkaisijaltaan verrattain pieni. Pupilli toimii silmässä aukkona, joka rajoittaa muiden kuin aksiaalisten valonsäteiden kulkua silmänpohjalle. Mitä pienempi pupillin koko on, sitä vähemmän silmän omat korkeamman asteen aberratiot vaikuttavat kuvautumisen laatuun. Tämä tarkoittaa sitä, että pupillin koon ollessa suurempi tulevat korkeamman asteen aberratiot selkeämmin esille. Normaalisissa silmässä on keskimäärin 0,33 mikrometriä jotakin korkeamman asteen

aberraatiota silloin, kun pupillin halkaisija on kuusi millimetriä. Matalamman asteen aberraatioiden määrä pysyy kuitenkin suhteellisen samanlaisena riippumatta pupillin koosta, jos korkeamman asteen aberraatioita on silmässä vähän tai ei lainkaan. Kun pupillin koko kasvaa, myös optimaalinen subjektiivinen refraktio muuttuu. Epäsäännöllisessä sarveiskalvossa sfäärinen ja sylinterivoimakkuus voivat vaihdella jopa yhden dioptrian verran pupillin halkaisijan kasvaessa kolmesta millimetristä kuuteen millimetriin. Tarkin mahdollinen verkkokalvotason kuvautuminen erilaisissa olosuhteissa saavutetaan, kun silmälasikorjaus optimoidaan niin, että se on kompromissi aksiaalisten ja perifeeristen valonsäteiden dioptriaalisesta taitumisesta verkkokalvolle. (Meister 2010: 1, 4, 6; Reeder-Sandler-Cook-Potgieter 2013: 26.)

i.Profiler aberrometri perustuu Shack-Hartmannin periaatteeseen, jossa tutkittavan silmämököjälle projisoidaan pistemäinen valonlähde, joka simuloi kaukana olevaa katsottavaa kohdetta. Tästä syntyvä verkkokalvolta takaisin heijastuva valo kulkee pienten mikrolinssimatriisien läpi CCD-valokennostoon, joka mittaa minkälaisia aberraatioita tutkittavan silmän optiset elementit aiheuttavat koko pupillin alueella. Ideaalissa optisessa järjestelmässä verkkokalvolta takaisin heijastuvan valon tulisi saapua mikrolinssimatriisin läpi tasaisena aaltorintamana. Silmän aberraatiosta johtuen valo ei kuitenkaan heijastu takaisin yhtenäisenä aaltorintamana. Jokaisen mikrolinssin läpi tulleen valon siirtymä mitataan erikseen ja yksittäisten mittausten perusteella niistä pystytään muodostamaan malli, joka kuvaa aberraation laatua. Tulkitsemiseen käytetään apuna Zerniken polynomia, jolla voidaan määrittellä, kuinka nopeasti aberraatioiden määrä lisääntyy suhteessa pupillin koon kasvamiseen. Todellisuudessa silmä on kuitenkin jatkuvasti pienessä liikkeessä, joten ei ole mielekäästä korjata korkeamman asteen kuvautumisvirheitä silmälasilinsseillä. i.Scription linsien valmistuksessa hyödynnetään perinteistä sfääris-sylinterikorjausta yhdistettynä laskennalliseen aberrometrimittaukseen pohjautuvaan refraktioon. (Meister 2010: 3, 5.)

Perinteisillä sfäärisillä- tai sfääris-sylinterilinsseillä pystytään korjaamaan vain matalamman asteen aberraatiot, eli sfäärinen virhe ja astigmatismi. Korkeamman asteen aberraatioita ei voida korjata silmälasilinsseillä. Paras kuvanlaatu verkkokalvotasolla saavutetaan, kun kuvan epätarkkuus minimoidaan käyttämällä tasapainotettua voimakkuusmäärittystä aberraatioiden suhteen. Tasapainotettu voimakkuusmäärittely aberraatioiden suhteen saavutetaan tekemällä kompromissi aksiaali- ja laitasäteiden polttotasojen välillä verkkokalvon tasolla. Tällä tavalla saavutetaan paras mahdollinen retinaalinen kuvanlaatu kaikilla pupillin halkaisijoilla. Zeiss i.Scription-linsseillä pystytään

tasapainotetun voimakkuusmäärityksen avulla minimoimaan matalampien ja korkeammanasteen aberratioiden kuvanlaatua heikentäviä yhteisvaikutuksia. Lisäksi linssi-voimakkuudet pystytään i.Scription valmistusteknologian ansiosta määrittämään ja hiomaan 0,01 dioptrian tarkkuudella verrattuna perinteisten silmälasilinsien 0,25 dioptrian hiontatarkkuuteen. (Meister 2010: 4-6.)

5.2 i.Scription-linssit

Katseluvaatimukset muuttuvat jatkuvasti katsottavien kohteiden etäisyyden mukaan. Toimivissa silmälasilinsseissä, katselun syväterävyys tulisi olla paras mahdollinen riippumatta siitä, mille etäisyydelle katsotaan. Ei siis ole järkevää optimoida tarkimman näön aluetta vain tietylle etäisyydelle. Tätä varten Zeiss on kehittänyt ja patentoinut ZEISS *VoluMetric*-algoritmin, jonka avulla saadaan optimoitua kolmiulotteisen kuvan laatu niin, että se minimoi kuvan epätarkkuuden katseluetäisyydestä riippumatta. *VoluMetric*-algoritmin avulla laskettu voimakkuus on siten vähemmän herkkä jatkuvalla katseluetäisyyden, akkommodaatiotason tai pupillin halkaisijan muutoksille. (Meister 2010: 6; Carl Zeiss 2012: 177.)

i.Profilerin tuottama informaatio silmän kuvautumisominaisuuksista analysoidaan ZEISS *VoluMetric*-algoritmin avulla. Funktio laskee aaltorintamatekniikkaan perustuvan objektiivisen refraktion ja ilmoittaa sen sfäärin-sylinterivoimakkuuksina. Jotta optimaaliset voimakkuudet i.Scription-linssejä varten voidaan määrittää, tulee suorittaa myös subjektiivinen taittovirheen määrittäminen, binokulaarinen tasapainotus ja lähiläsän määrittäminen. Kolmannessa vaiheessa aberrometrin määrittämät arvot yhdistetään subjektiivisen refraktion tulosten kanssa käyttämällä algoritmia, jotta voidaan varmentaa, ettei sfäärinen ekvivalentti eroa liikaa subjektiivisista havainnoista. i.Scription-linsien hionnassa käytetään digitaalista *free-form*-hiontatekniikkaa, jolla pystytään tuottamaan erittäin monimutkaisia pintakaarevuuksia. Käyttämällä i.Profiler-mittaustuloksia, *free-form*-teknologiaa ja yksilöllisiä silmälasimitoituksia voidaan valmistaa täysin yksilöllisiä i.Scription-linssejä. (Meister 2010: 6-7.)

6 Tutkimuksen luonne

Opinnäytetyön luonteeksi määräytyi kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus, sillä resurssit eivät olisi riittäneet kvantitatiivisen eli määrällisen tutkimuksen tuottamiseen. Laadullisessa tutkimuksessa ei ole tavoitteena yksiselitteisen totuuden löytäminen, vaan subjektiivisten käsitysten ja kokemusten kartoittaminen. Aineiston määrä ei niinkään esitä suurta roolia, vaan kerätyn aineiston sisällön laatu ja informatiivisuus ovat tärkeämpiä tavoitteita. Aineistoa kerätessä saturaatio eli kylläentymispiste on saavutettu, kun lisäaineisto ei enää tuo tutkimukselle uutta informaatiota ja aineiston peruslogiikka toistaa itseään. Tutkimusaineisto toimii apuvälineenä asian tai ilmiön ymmärtämisessä. Laadullisessa tutkimuksessa tiedonkeruuseen voidaan käyttää muun muassa lomakehaastattelua. Yleisesti, lomakkeet ovat strukturoituja kyselylomakkeita, joissa voi olla myös avoimia kysymyksiä. (Vilka 2005: 97–98, 101, 109, 126–127.)

Laadullisessa tutkimuksessa ei tavoitella samankaltaista yleistettävyyttä kuin määrällisellä tutkimuksella. Tapaus, eli tutkittava kohde, voidaan valita joko käytännöllisen tai teoreettisen lähtökohdan perusteella. Tapauksen valinnassa voidaan korostaa tapauksen tyypillisyyttä tai edustavuutta. (Vilka 2005: 126–127, 130–131.)

6.1 Tutkimuksen tarkoitus ja tavoitteet

Carl Zeiss Vision International GmbH on kehittänyt i.Scription-teknologian, jonka avulla pystytään valmistamaan yksilöllisiä silmälasilinssejä. i.Scription-linssien luvataan tuottavan laadultaan paremman näkövaikutelman, korkeamman kontrastin, paremman hämäränäön sekä kirkkaammat ja kylläisemmät värit erilaisissa valaistusolosuhteissa verrattuna tavallisiin silmälasilinsseihin. Linssien luvataan myös vähentävän heijastumia sekä häikäistymistä.

Tässä opinnäytetyössä halusimme selvittää, kokevatko käyttäjät i.Scription-teknologialla valmistettujen silmälasilinsien ja perinteisesti valmistettujen linssien välillä subjektiivisia käytettävyyseroja, kun silmälasilinsien mitoitus ja silmälasikehys pysyvät samoina. Subjektiivisten käyttökokemusten lisäksi halusimme selvittää saadaanko eri testilinsseillä mitattavia näöntarkkuus- tai kontrastiherkkyseroja. Vertasimme myös tuloksia testihenkilöiden vanhojen silmälasien ja testilinsien välillä. Opinnäytetyömme toimitetaan Carl Zeiss Vision Nordics Ab myös ruotsinkielisenä.

6.2 Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen kulku

Ajatus opinnäytetyömme aiheelle syntyi keväällä 2012 silmälasilinssiteknologian syventävien opintojen kurssilla lehtori Juha Päällysahon esitellessä meille uutta Zeiss i.Profiler laitetta. Keväällä 2012 tutkimussuunnitelma sai lopullisen muotonsa. Ajatuksesta tuli toteuttamiskelpoinen kun Carl Zeiss Vision Nordics Ab halusi tehdä yhteistyötä kanssamme. Silmäasema Fennica Oy halusi tukea meitä opinnäytetyössämme tarjoamalla testihenkilöille silmälasikehyksen E-works mallistosta.

Perehdyimme tarkemmin Zeiss i.Profiler-laitteeseen kevään 2012 aikana ja selvitimme, kuka linssitestausta varten tehtävät näöntutkimukset voisi suorittaa. Emme halunneet itse tehdä näöntutkimuksia, koska näöntutkimusopintomme olivat vielä syksyllä 2012 kesken, joten meillä ei ollut tarpeeksi tietoa ja taitoa tehdä näöntutkimuksia itsenäisesti. Käytettävissä olleiden resurssien vuoksi, näöntarkastukset suoritettiin Optikkomyymälä Positian aukioloaikojen puitteissa. Näöntarkastukset suoritti opettajamme, optikko Johanna Valtanen.

Syksyn 2012 ja kevään 2013 aikana rakensimme kyselylomakkeen, jolla halusimme selvittää linssien käytettävyyteen ja optisiin ominaisuuksiin liittyviä käyttäjäkokemuksia. Kyselylomake rakennettiin kansainvälisesti validoidun kontrastiherkkyttä ja häikäistymistä mittaavan Visual Activities Questionnaire:n pohjalta (Sloane - Ball - Owsley - Brunni -Roenker 1992). Kysymykset muodostimme mittaamaan Zeiss:n lupausta i.Scription-linssien ominaisuuksista. Kyselylomakkeen päädyimme toteuttamaan Google Docs-verkkolomakkeena. Lomakkeessa oli sekä strukturoituja monivalintakysymyksiä, että mahdollisuus kertoa vapaasti kokemuksista testilinssien suhteen. Tutkimushenkilö A:n kohdalla osa tutkimusaineistosta kertyi myös tekijätiimin ja tutkimushenkilön välisestä luottamuksellisesta sähköpostikeskustelusta. Lisäksi mittasimme testihenkilöiltä kontrastiherkkyden ja parhaan näöntarkkuusarvon sekä heidän aikaisemmilla silmälasillaan että molemmilla testilinsseillä.

Keskustelimme lehtori Juha Päällysahon kanssa syksyllä 2012, mikä olisi paras tapa mitata kontrastiherkkyttä ja näöntarkkuutta. Päällysaho esitteli meille FrACT-tietokoneohjelman, jolla voidaan mitata näöntarkkuuden raja-arvo valitulla kontrastilla. Päätimme mitata näöntarkkuudet viidellä eri kontrastitasolla: 100 %, 50 %, 25 %, 12 % ja 6 %. Valitsimme Landoltin renkaan aukolle neljä eri suuntavaihtoehtoa, koska koimme kahdeksan suuntavaihtoehtoa liian hankalaksi asiakkaan kanssa kommunikoinnin

kannalta. *Crowding*-ilmiön välttämiseksi päätimme käyttää testissä yksittäistä optotyyppiä. Päätimme mitata näöntarkkuudet myös tutkimushenkilön omilla, käytössä olevilla silmälaseilla testilinssiparien lisäksi.

Linssitestaukset toteutettiin kevään 2013 aikana. Tällöin kaikille tutkittaville tehtiin näöntutkimukset, i.Profiler-mittaukset ja yksilölliset mitoitus- ja yksilöllisten silmälasimitoitusten määrittämisessä käytimme Visiooffice by Activisu- mitoituslaitetta. Linssien saavuttua Optikkomyymälä Positiaan, hioimme linssit itse kehyksiin, lukuun ottamatta kahden testihenkilön kehyksettömiä silmälaseja. Tilasimme näiden silmälasikehysten hiontatyön ulkopuoliselta reunahiomolta. Testilinsseinä käytimme yksitehoisia ZEISS Single Vision Individual- ja ZEISS Single Vision Individual i.Scription-linssejä, sekä progressiivisia ZEISS Progressive Individual 2- ja ZEISS Progressive Individual 2 i.Scription-linssejä. Kaikissa testilinssipareissa oli LotuTec-pinnoite (kova- sekä heijastuksenesto pinnoite).

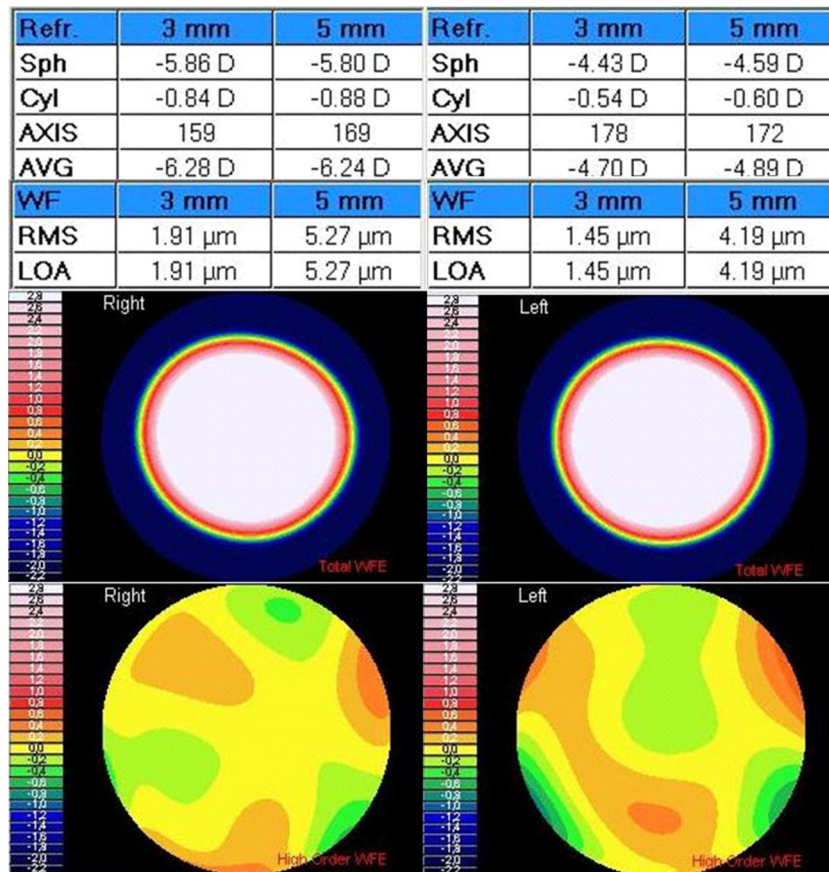
Testijakson alussa tutkimushenkilö täytti kyselylomakkeen käytössä olevien silmälasien pohjalta ja heiltä mitattiin näöntarkkuus- ja kontrastiherkkyysarvot FrACT-ohjelmalla tutkimuslaboratoriossa. Tutkimuslaboratorion tietokoneen näyttönä oli EIZO FlexCan S2100, 21.3 tuuman värillinen LCD näyttö, jonka näytön resoluutio on 1600x1200, kirkkaus 300cd/m² ja kontrastisuhte 1000:1. Näyttö on säädetty vastaamaan värilämpötilaltaan päivänvaloa eli 5500 kelviniä. Tämän jälkeen tutkimushenkilöt saivat käyttöönsä ensimmäisen linssiparin, joiden käyttöjakso oli 14 päivää. Ennen toisen testiparin käyttöönottoa mittasimme jälleen näöntarkkuus- ja kontrastiherkkyysarvot ja tutkimushenkilö täytti kyselylomakkeen ensimmäisen testilinssiparin osalta. Mittausten jälkeen vaihdoimme testihenkilön silmälasikehykseen toisen testilinssipariin ilman välipäiviä. Sovimme seuraavan mittausajankohdan taas 14 päivän päähän. Näin saimme mittaustulokset ja subjektiivisen käyttökokemuksen kaikista kolmesta silmälasilinssiparista. Käyttöjaksojen aikana tutkimushenkilöt eivät tienneet, kumpi testilinssipari heillä oli käytössä kunkin testijakson jakson aikana.

7 Tutkimusjoukko

Tutkimusjoukon kooksi valikoitui kuusi henkilöä; kolme yksitehoisten ja kolme progressiivisten silmälasilinssien käyttäjää. Yksi testihenkilöistä valikoitui yhteistyökumppanimme Carl Zeiss Vision Nordic Ab:n kautta. Muina tutkimushenkilöinä meillä oli alun perin tarkoitus käyttää urheilijoita, muun muassa ampujia ja ralliautoilijoita, koska he joutuvat käyttämään näönsuorituskykyään ääri rajoilla, ääriolosuhteissa. Teknisten ongelmien vuoksi linssitestaukset kuitenkin viivästyivät niin paljon, että emme saaneet haluamiamme urheilijoita tutkimushenkilöiksi. Lopulta päädyimme opinnäytetyön subjektiivisen käyttökokemus näkökulman vuoksi valikoimaan tutkittaviksi tavallisia kuluttajia, joilla ei ole näkemiseen liittyviä erityisvaatimuksia.

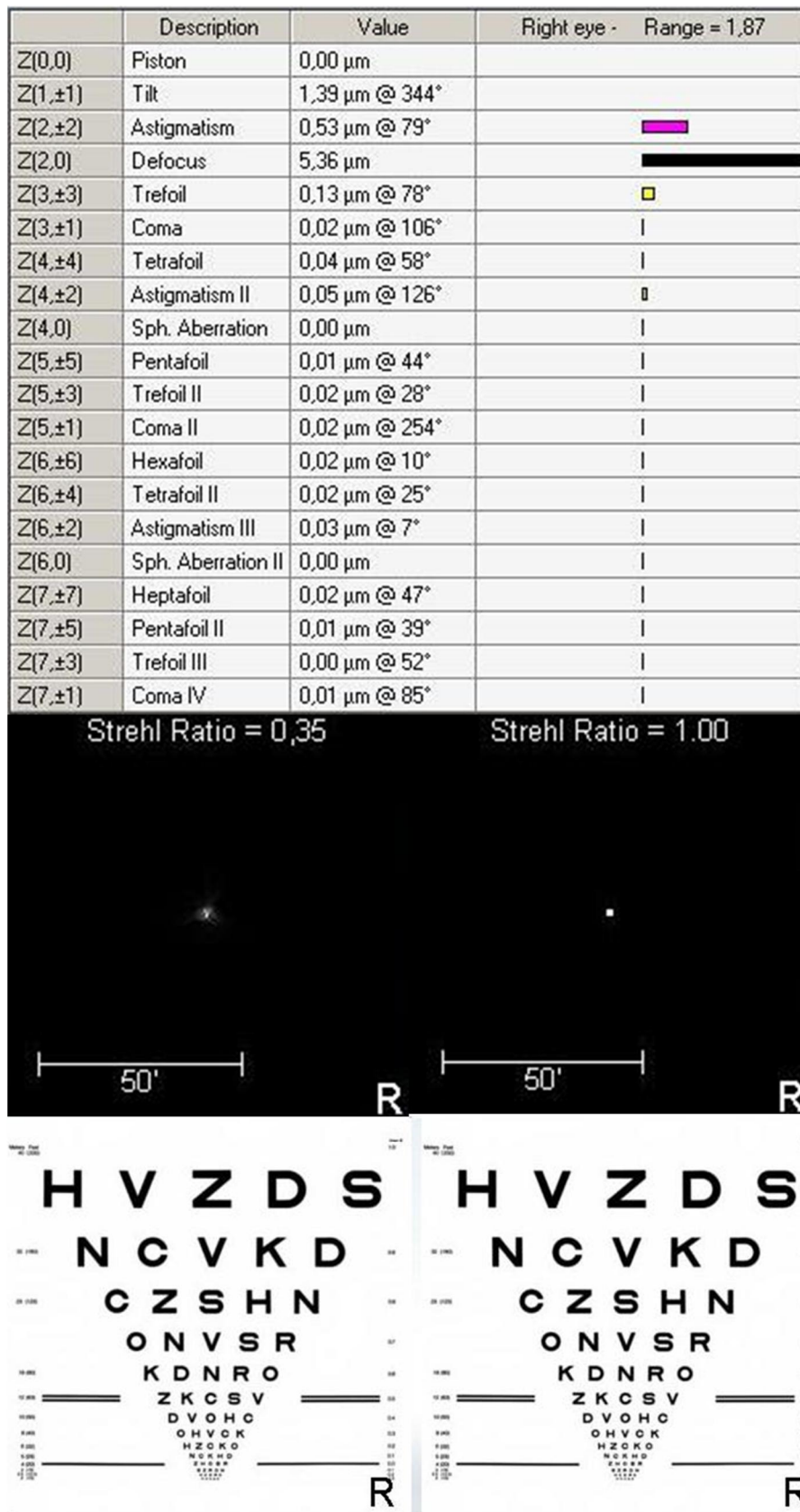
7.1 Tutkimushenkilö A

Tutkimushenkilö A on 39-vuotias mies, ammatiltaan arkkitehti. Ennen tutkimuksen alkua hänellä oli käytössään noin kaksi vuotta vanhat yksitehosilmälasit, joiden voimakkuudet olivat OD sf -4,75 cyl -0,75 ax 160 ja OS sf -4,00 cyl -0,50 ax 157. Testilinssit hiottiin kehyksettömiin kehyksiin ja uuden silmälasimääräyksen mukainen voimakkuus oli OD sf -5,00 cyl -0,75 ax 160 ja OS sf -4,25 cyl -0,25 ax 146. i.Profiler:n määrittämissä objektiivisessa refraktiossa kolmen millimetrin pupillilla voidaan havaita, että erityisesti oikean silmän sfäärinen korjaus poikkeaa subjektiivisen refraktion tuloksesta (ks. kuvio 5). Tästä voimme päätellä, että pupillin koon muutokset vaikuttavat näkemisen laatuun.

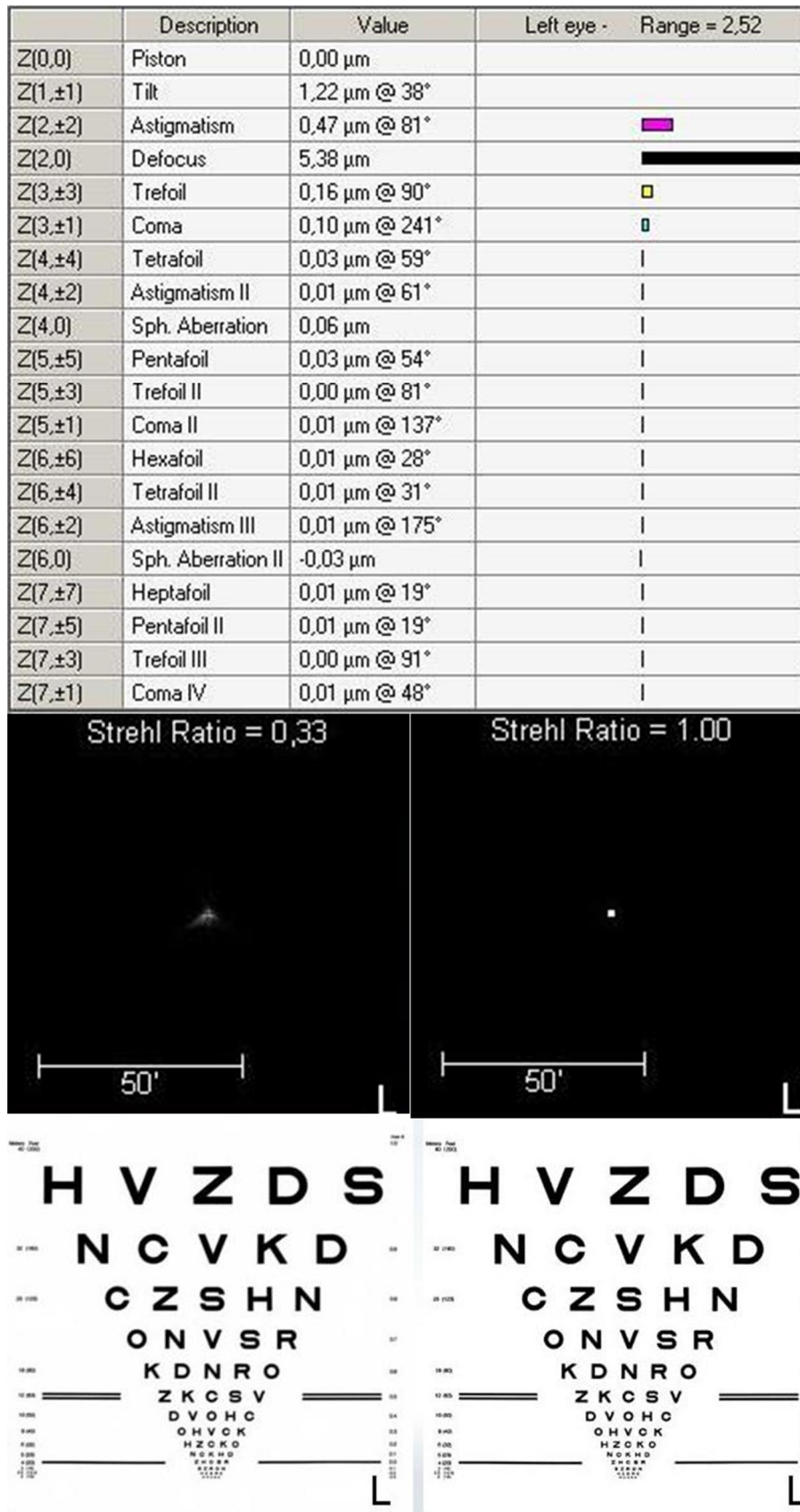


Kuvio 5. Zeiss i.Profilerin silmän aberraatiot ja objektiivinen refraktio tutkimushenkilöllä A

Tutkimushenkilön A molemmissa silmissä mittausten perusteella merkittäviä aberraatioita näkemisen kannalta ovat astigmatismi ja defocus. Korkeamman asteen aberraatioita silmissä on vain vähän. Oikeasta silmästä löytyi trefoilia 0,13 mikrometriä ja vasemmasta silmästä 0,16 mikrometriä sekä komaa 0,10 mikrometriä. i.Profilerin laite antaa havainnollistavat kuvat valopisteen muodostumisesta sekä näkövaikutelmasta log-Mar-taululla katsottaessa perinteisesti valmistetuilla silmälasilinsseillä ja i.Scription-linsseillä. Tutkimushenkilön A kohdalla voidaan havaita, että oikeassa silmässä valopiste kuvautuu epätarkkana sekä levinneenä ja vasemmassa silmässä myös epäsäännöllisenä (ks. kuvio 6 ja 7.)



Kuvio 6. Tutkimushenkilön A aberraatioiden määrä ja valopisteen kuvautuminen oikeassa silmässä. Vasemmalla LOA-korjaus ja oikealla HOA-korjaus



Kuvio 7. Tutkimushenkilön A aberraatioiden määrä ja valopisteen kuvautuminen vasemmassa silmässä. Vasemmalla LOA- korjaus ja oikealla HOA-korjaus

Omilla käytössä olevilla silmälaseilla tutkimushenkilö A koki näkevänsä huonosti linssien reuna-alueilla, mikä tuntui erittäin epämiellyttävältä. Yhteisnäön hän koki linssien keskialueilla suhteellisen miellyttäväksi. Suurimmaksi ongelmakseen hän koki näkemisen sumeuden sekä epäsymmetrisen värisiirtymän eli kromaattisen aberraation etenkin vasemmassa linssissä. Myös valonarkuutta, häikäistymistä, silmien väsymistä ja rasittumista esiintyi erityisesti näyttöpäätetyössä. Tutkimushenkilö A tunsii näöntarkkuuden vaihtelevan pupillin koon muuttuessa eri valaistusolosuhteissa. Binokulaarinen näöntarkkuus 100 % kontrastilla oli desimaaliarvona ilmaistuna 1.43 (ks. kuvio 8 ja liite 5: 1).

Ensimmäisinä testilinsseinä henkilöllä A olivat ZEISS Single Vision Individual i.Scription-linssit. Luovutushetkellä hän koki linssit heti huomattavasti paremmiksi kuin omat silmälasinsa. *”Ääriiivat tuntuvat lähes epätodellisen teräviltä, huomaan pienetkin kontrastin vaihtelut” (osoittaen valkoiseksi maalattua tiiliseinää)*. Tutkimushenkilö A tottui linsseihin välittömästi. Verrattuna omiin laseihinsa hän koki i.Scription linsseillä silmän mukautuvan helpommin valaistusolosuhteiden muutoksiin. Tietokoneella työskentely tuntui huomattavasti miellyttävämmältä kuin aikaisemmin. Binokulaarinen näöntarkkuus i.Scription linsseillä oli desimaaliarvona ilmaistuna 2.01(ks. kuvio 8 ja liite 5: 1).

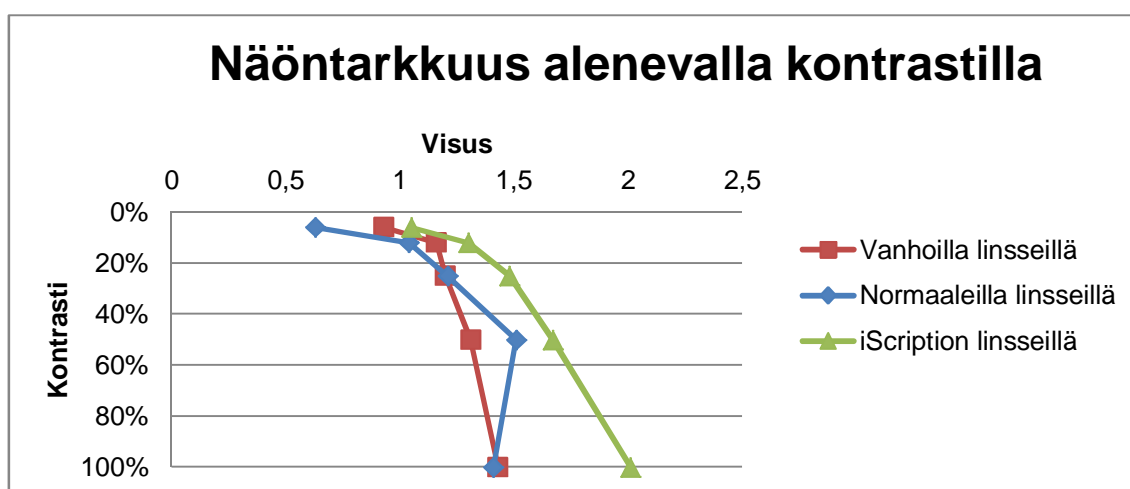
Toiset testilinsit olivat ZEISS Single Vision Individual linssit. Henkilön A tottuminen toiseen testilinssipariin kesti noin yhden viikon. Aluksi hän näki katselemansa metsänrajan toisella linssin reunalla sinisenä ja toisella reunalla se vaikutti punertavan oranssilta.

Kromaattinen aberraatio vaivasi alkuun jälkimmäisellä parilla linssien reunoilla todella vahvasti, mutta siihen tottui siten että nyt yläreuna on vienosti sinertävää taivaanrannassa tms. ja alareunan läpi sama kuusimetjän raja horisontista ei ole enää metsäpalossa vaan punertaa hieman. En huomannut tällaista ensimmäisellä parilla.- - värisiirtymä väheni kuitenkin muutamassa päivässä kohtuullisen vähäiseksi - - poistui lähes kokonaan.

Linssien reuna-alueet testihenkilö A koki totuttelujakson jälkeen jopa terävämmiksi kuin ensimmäisissä testilinsseissä. Toisilla testilinsseillä näöstä tuntui puuttuvan viimeinen terävyys ja matalammissa kontrastitasoissa hän koki näöntarkkuuden putoavan huomattavan nopeasti. Pilvisellä säällä jälkimmäinen linssipari tuntui kuitenkin miellyttävämmältä käyttää kuin kirkaalla säällä. Tätä tuntemusta tukee myös näöntarkkuudessa tapahtuva muutos siirryttäessä 100 % kontrastitasosta 50 % kontrastitasoon. Kontrastin aleneminen nosti näöntarkkuutta 0.10 desimaalia (ks. kuvio 8 ja liite 5: 1).

Kaiken kaikkiaan testihenkilö A koki ensimmäisen testilinssiparin eli i.Scription-linsit paremmiksi, terävämmiksi ja miellyttävämmiksi käyttää kuin toiset testilinsit. Testihenkilö A tunsu silmiensä rasittuvan vähemmän ja katselun olevan levollisempaa sekä kauas että lähelle katsottaessa. Värit näkyivät paremmin, kontrastit olivat selkeämpiä ja kaukana havaittavat yksityiskohdat näkyivät terävämpinä.

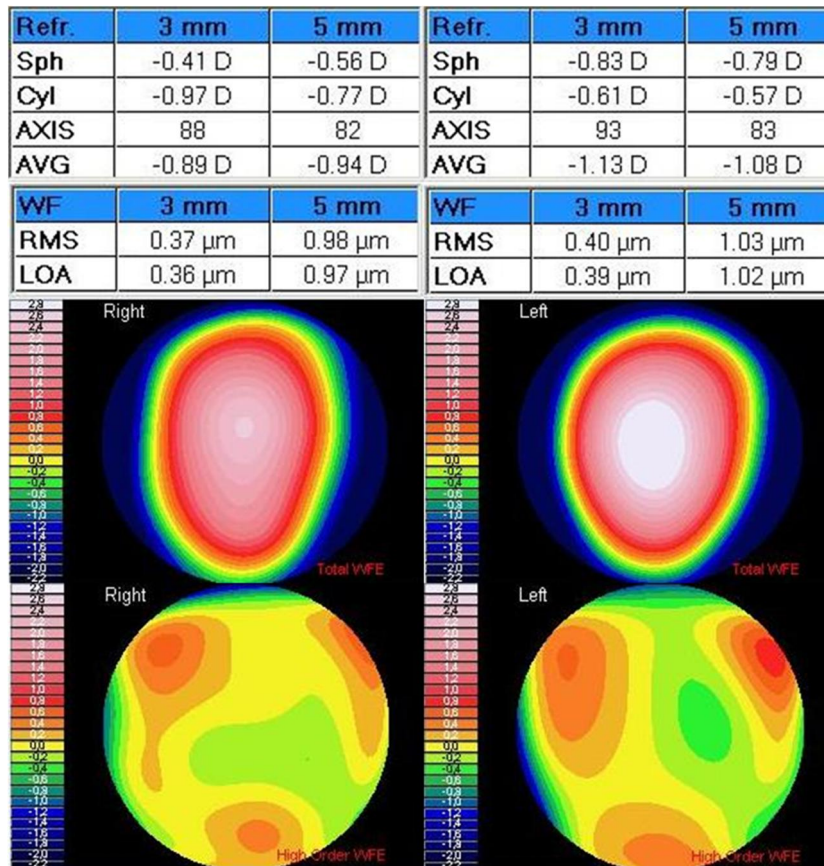
Ei sitä eroa voi oikein sanoilla kuvailla, se on aivan tolkkuttoman suuri. Jälkimmäinen linssipari on lähinnä heikko verrattuna tähän ensimmäiseen joka on aivan huikea. En voi kuvitella haluavani käyttää juuri muuta jatkossa (kuin ensimmäisen parin kaltaisia linsejä), eli vaikea kuvitella että vaihtaisin takaisin tavallisiin linsseihin.



Kuvio 8. Näöntarkkuus alenevalla kontrastilla, tutkimushenkilö A. i.Scription linseillä näöntarkkuudet nousevat huomattavasti

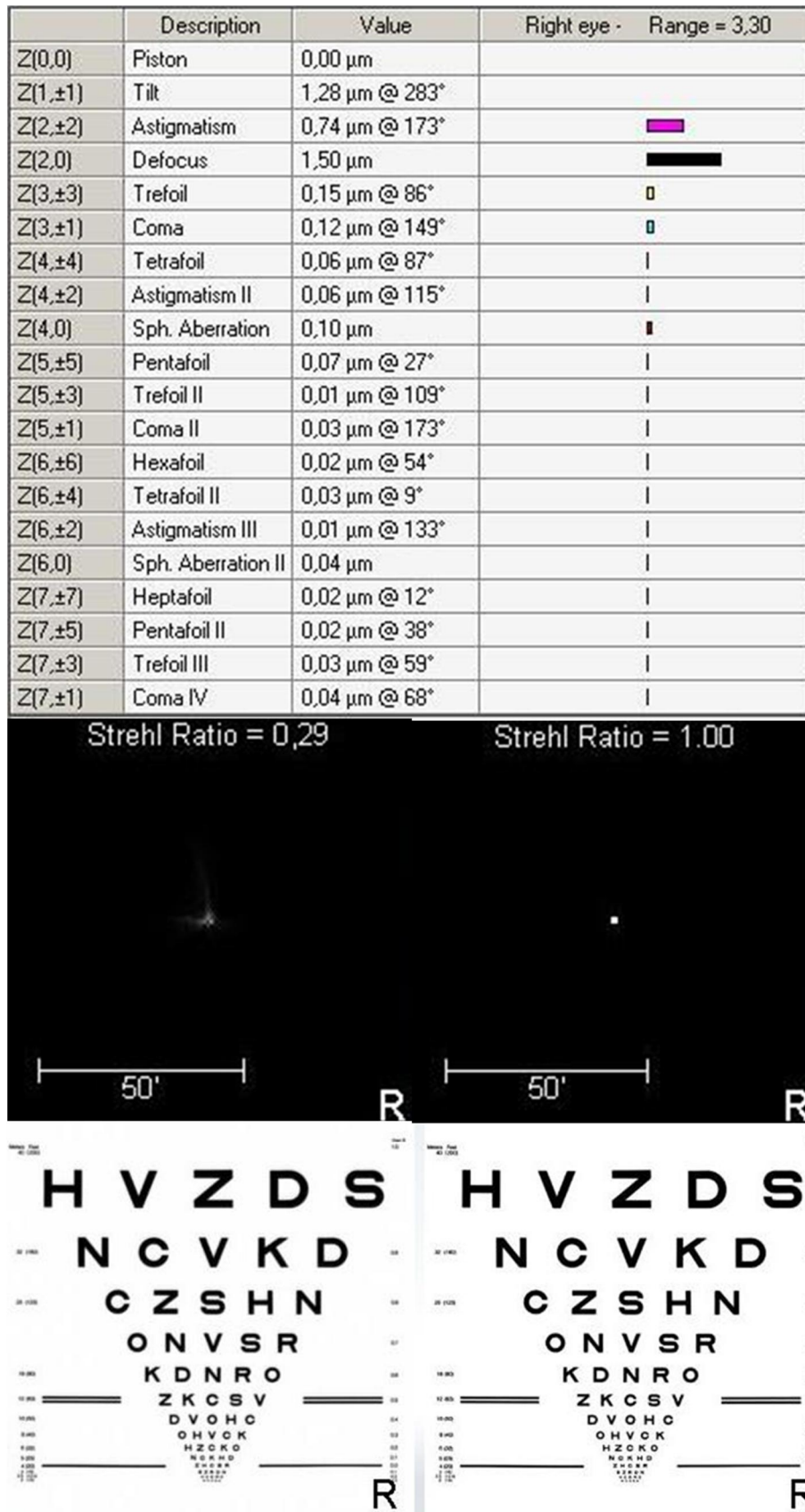
7.2 Tutkimushenkilö B

Tutkimushenkilö B on 24-vuotias nainen, ammatiltaan farmaseutti. Ennen tutkimuksen alkua hänellä ei ollut käytössään silmälaseja. Testilinsit hiottiin metallikehyksiseen ja uuden silmälasimääräyksen mukainen voimakkuus oli OD sf -0,50 cyl -0,50 ax 85 ja OS sf -0,75 cyl -0,50 ax 85. i.Profiler:n määrittämä objektiivinen refraktio on melko yhdenmukainen subjektiivisen refraktion kanssa ja pupillikoon vaihtelut eivät vaikuta merkittävästi määritettyihin voimakkuuksiin (ks. kuvio 9.)

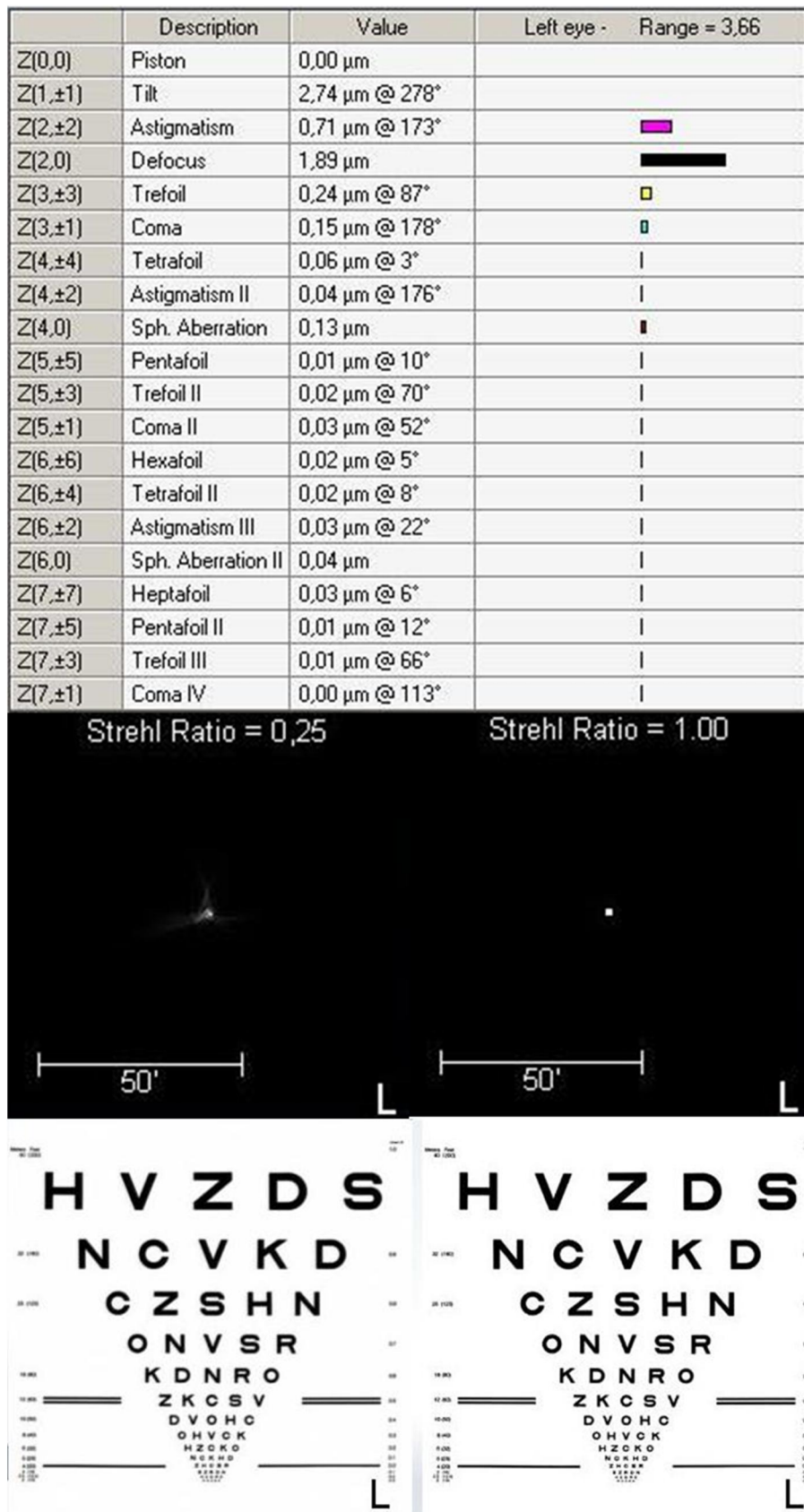


Kuvio 9. Zeiss i.Profilerin silmän aberraatiot ja objektiivinen refraktio tutkimushenkilöllä B

Tutkimushenkilön B oikeasta silmästä löytyy korkeamman asteen aberraatiosta trefoilia 0,15 mikrometriä ja komaa 0,12 mikrometriä. Tutkimushenkilön vasemmassa silmässä trefoilia on 0,24 mikrometriä, komaa 0,15 mikrometriä ja sfääristä aberraatiota 0,13 mikrometriä. Oikeassa silmässä havaitaan koman aiheuttamaa pistemäisen valonlähteen kuvautumista pyrstötähtimäisenä ja vasemmassa silmässä trefoilin määrän kasvaessa pistemäinen valonlähde kuvautuu enemmän kolmihäntäiseen muotoon. Matalamman asteen aberraatioista henkilön B silmistä löytyy defokusta ja astigmatismia. (ks. kuvio 10 ja 11.)



Kuvio 10. Tutkimushenkilön B aberraatioiden määrä ja valopisteen kuvautuminen oikeassa silmässä. Vasemmalla LOA- korjaus ja oikealla HOA-korjaus



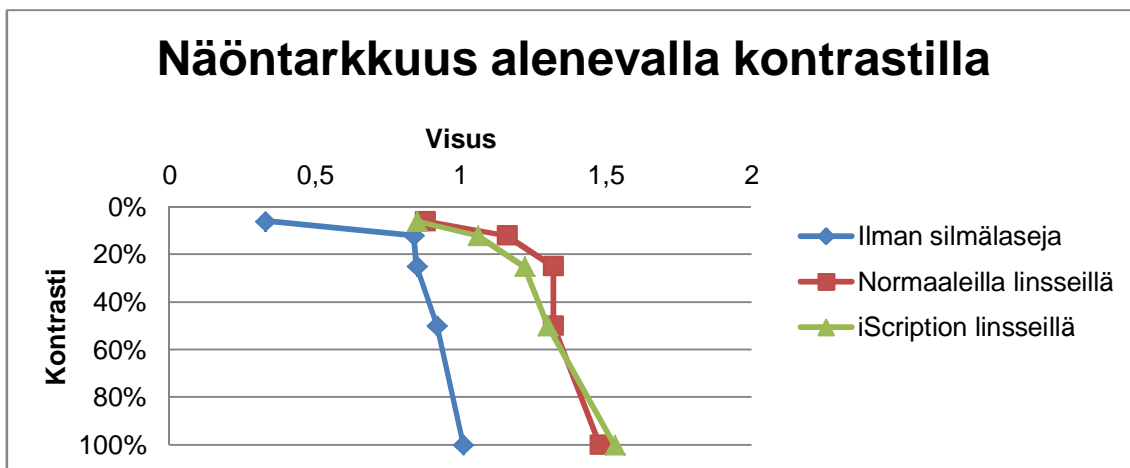
Kuvio 11. Tutkimushenkilön B aberraatioiden määrä ja valopisteen kuvautuminen vasemmassa silmässä. Vasemmalla LOA- korjaus ja oikealla HOA-korjaus

Lähtötilanteessa tutkimushenkilö tunsi näkevänsä vain harvoin tarkasti kauas ja koki usein häikäistymisen tunnetta, erityisesti hämärässä valaistuksessa. Hän tunsi sopeutuvansa nopeisiin valaistuksen muutoksiin helposti. Binokulaarinen näöntarkkuus 100 % kontrastilla oli desimaaliarvona ilmaistuna 1.01 (ks. kuvio 12 ja liite 5: 2).

Ensimmäiset testilinsit tutkimushenkilöllä B olivat ZEISS Single Vision Individual linsit. Tutkimushenkilö arvioi laseihin tottumisen kestäneen kolme - neljä päivää. Näillä linseillä hän koki näkevänsä tarkasti kauas kaikissa valaistusolosuhteissa. Valaistujen kohteiden, kuten mainostaulujen katselun epämiellyttävyyttä hävisi silmälasikorjauksella. Binokulaariseksi näöntarkkuudeksi hän saavutti desimaaliarvon 1.48 (ks. kuvio 12 ja liite 5: 2).

Toiset testilinsit tutkimushenkilöllä B olivat ZEISS Single Vision Individual i.Scription-linsit. Binokulaarinen näöntarkkuus kasvoi 100 % kontrastitasolla 0,05 desimaalia verrattuna ensimmäisiin testilinsseihin. Matalammilla kontrastitasoilla mitattuna i.Scription-korjauksella näöntarkkuudet laskivat vähäisissä määrin suhteessa tavallisiin yksilöllisesti mitoitettuihin linsseihin. (ks. kuvio 12 ja liite 5: 2.) Tutkimushenkilö tottui toisiin testilinsseihin välittömästi, eikä lähikatselukaan tuntunut silmälasilla vaikealta. Tutkimushenkilö arvioi myös häikäistymisen vähenneen erityisesti hämärässä valaistuksessa. Tutkimushenkilö B ei kuitenkaan kyennyt arvioimaan kumpaakaan testilinssiparia toistaan paremmaksi.

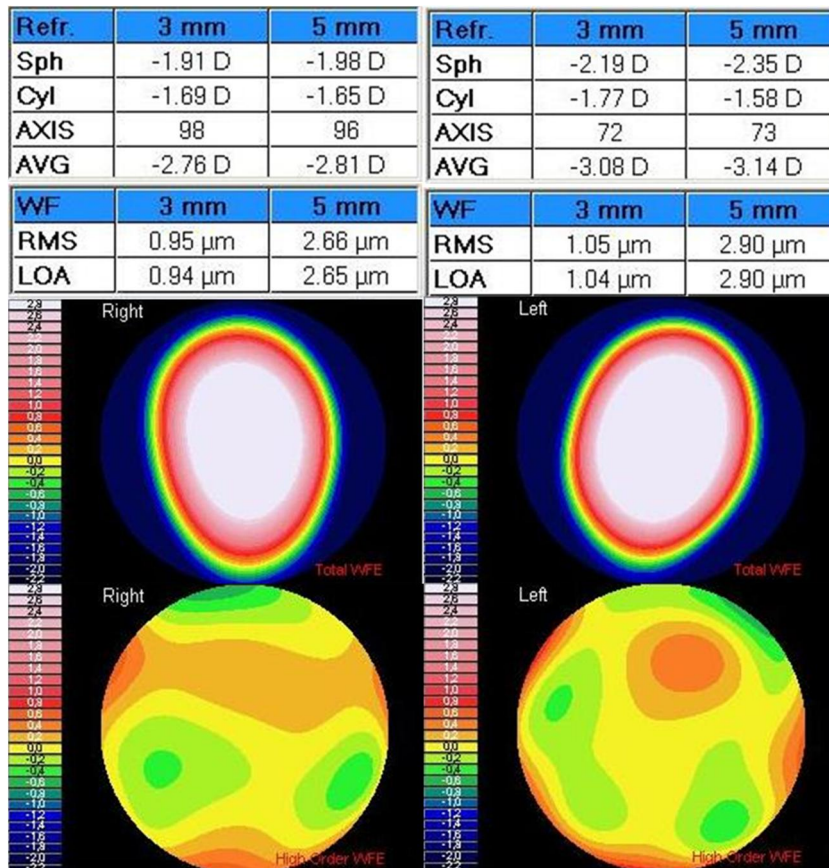
Ensimmäisiin linseihin kesti kauemmin tottua, koska en ollut aikaisemmin käyttänyt laseja päivittäin. Myös lähelle katsominen ensimmäisten linssien kanssa tuntui alkuun oudolta, mutta tähän tottui ajan kanssa. Toisien linssien kanssa lähelle katsominen laseilla ei ole ollut ongelmallista ja muutenkin linseihin tottui heti. Jos lasit ottaa pois pitkän päivän jälkeen tuntuu rasittavalta ja aristavalta sekä lähelle että pitkälle.



Kuvio 12. Näöntarkkuus alenevalla kontrastilla, tutkimushenkilö B. Yksilöllisesti mitoitettut ja i.Scripton linsit olivat näöntarkkuuksien suhteen melko tasavertaisia





7.3 Tutkimushenkilö C

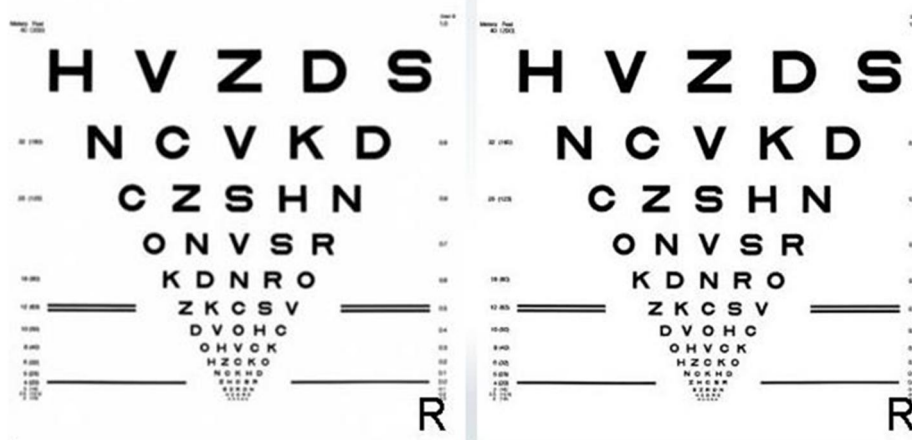
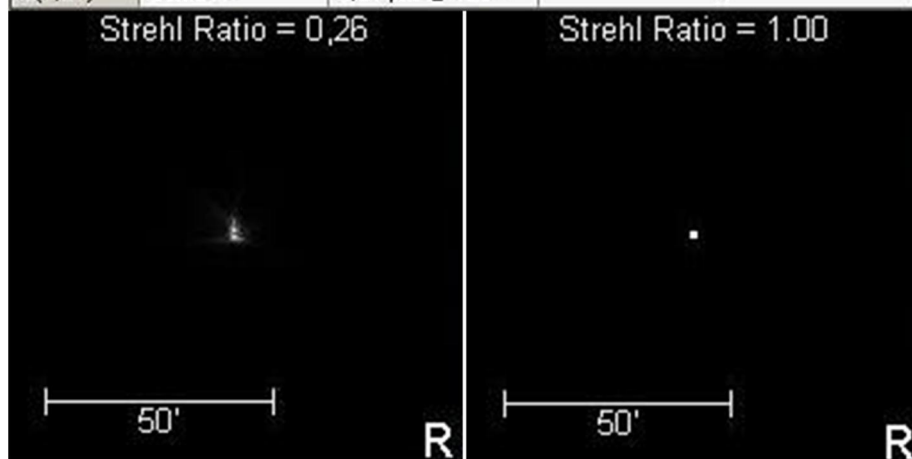
Tutkimushenkilö C on 30-vuotias mies, ammatiltaan matemaatikko. Ennen tutkimuksen alkua hänellä oli käytössään noin vuoden vanhat yksitehosilmälasit, joiden voimakkuudet olivat OD sf -2,00 cyl -1,50 ax 100, OS sf -2,25 cyl -1,25 ax 75. Testilinsit hiottiin kehyksettömiin kehyksiin ja uuden silmälasimääräyksen mukainen voimakkuus oli OD sf -2,00 cyl -1,50 ax 95, OS sf -2,25 cyl -1,50 ax 70. Objektiiivinen refraktio ei poikkea erikokoisilla pupillin halkaisijoilla mitattuna juurikaan subjektiivisesta refraktiosta (ks. kuvio 13).



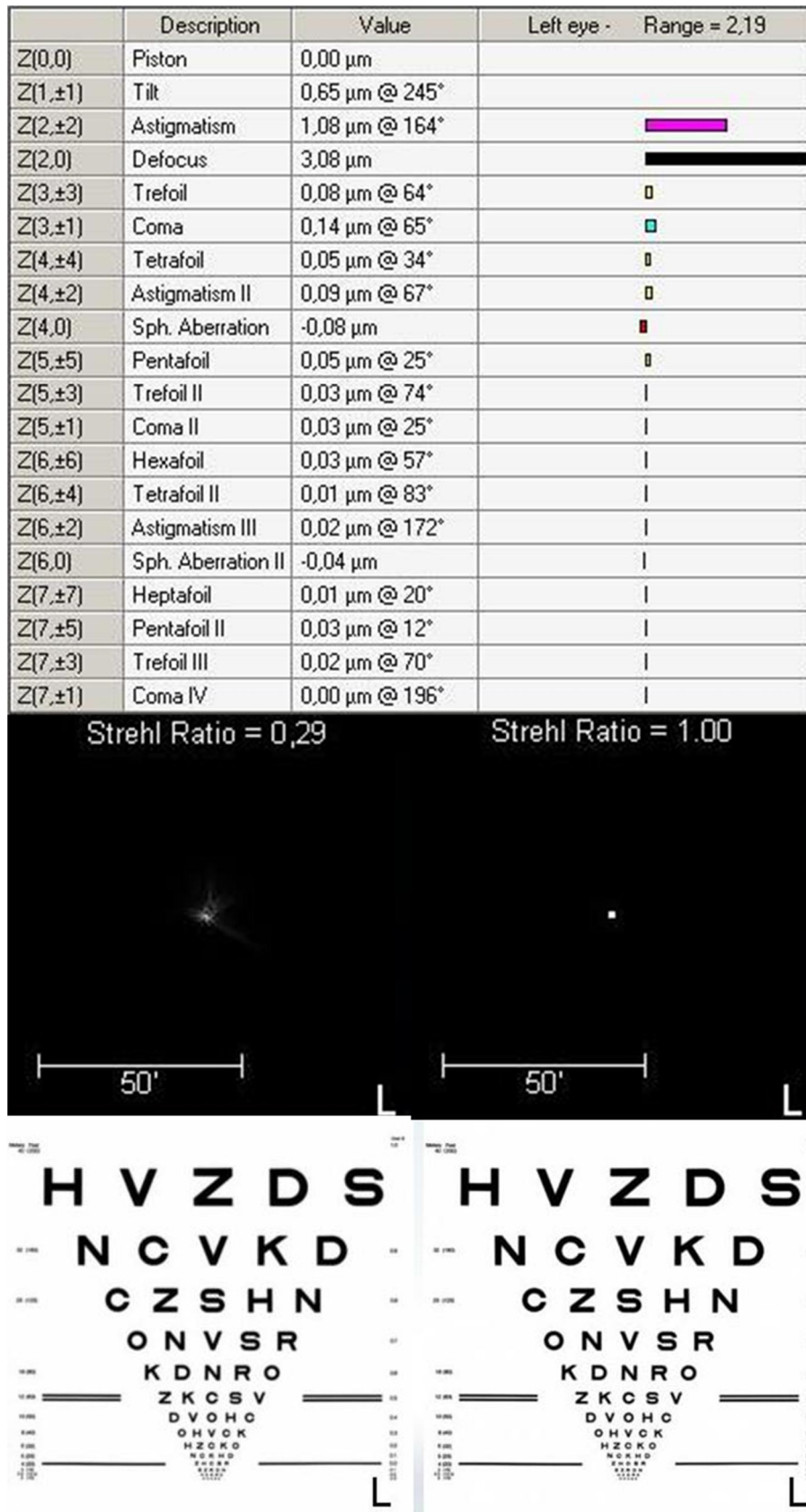
Kuvio 13. Zeiss i.Profiler silmän aberraatiot ja objektiivinen refraktio tutkimushenkilöllä C

Tutkimushenkilön C molemmissa silmässä esiintyy matalamman asteen aberraatioista astigmatismia ja defokusta. Oikeassa silmässä korkeamman asteen aberraatioista trefoilia on 0,15 mikrometriä ja komaa 0,11 mikrometriä. Vasemmassa silmässä vastavasti komaa 0,14 mikrometriä. Molempien silmien pistemäisen valonlähteen kuvautumisessa voidaankin havaita koma-aberraation pyrstötähtimäinen muoto. (ks. kuviot 14 ja 15.)

	Description	Value	Right eye - Range = 2,09
Z(0,0)	Piston	0,00 μm	
Z(1, \pm 1)	Tilt	2,33 μm @ 304°	
Z(2, \pm 2)	Astigmatism	1,11 μm @ 6°	
Z(2,0)	Defocus	2,68 μm	
Z(3, \pm 3)	Trefoil	0,15 μm @ 91°	
Z(3, \pm 1)	Coma	0,11 μm @ 70°	
Z(4, \pm 4)	Tetrafoil	0,02 μm @ 27°	
Z(4, \pm 2)	Astigmatism II	0,05 μm @ 95°	
Z(4,0)	Sph. Aberration	-0,03 μm	
Z(5, \pm 5)	Pentafoil	0,02 μm @ 45°	
Z(5, \pm 3)	Trefoil II	0,03 μm @ 16°	
Z(5, \pm 1)	Coma II	0,03 μm @ 201°	
Z(6, \pm 6)	Hexafoil	0,03 μm @ 48°	
Z(6, \pm 4)	Tetrafoil II	0,01 μm @ 16°	
Z(6, \pm 2)	Astigmatism III	0,01 μm @ 43°	
Z(6,0)	Sph. Aberration II	-0,02 μm	
Z(7, \pm 7)	Heptafoil	0,02 μm @ 29°	
Z(7, \pm 5)	Pentafoil II	0,00 μm @ 71°	
Z(7, \pm 3)	Trefoil III	0,01 μm @ 98°	
Z(7, \pm 1)	Coma IV	0,01 μm @ 129°	



Kuvio 14. Tutkimushenkilön C aberraatioiden määrä ja valopisteen kuvautuminen oikeassa silmässä. Vasemmalla LOA- korjaus ja oikealla HOA-korjaus

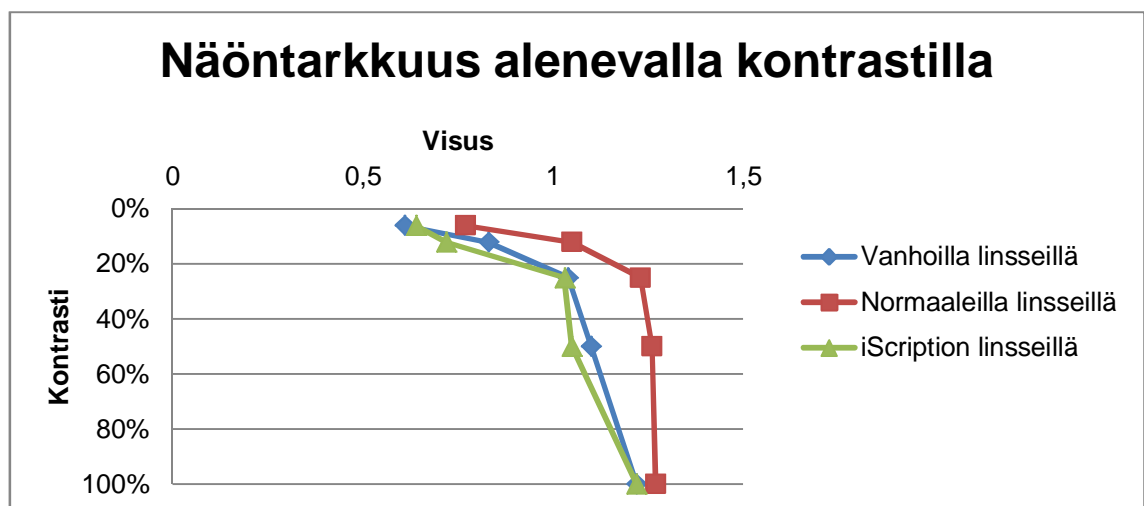


Kuvio 15. Tutkimushenkilön C aberratioiden määrä ja valopisteen kuvautuminen vasemmassa silmässä. Vasemmalla LOA- korjaus ja oikealla HOA-korjaus

Ennen tutkimuksen alkua tutkimushenkilö C koki näkevänsä käytössään olevilla laseillaan hyvin. Hämärässä valaistuksessa tarkasti näkeminen tuntui haastavammalta kuin kirkaassa valaistuksessa. Valonlähteiden ympärillä tutkimushenkilö havaitsi valorenkaita tai säteitä silloin tällöin. Hänen binokulaarinen näöntarkkuutensa 100 % kontrastitasolla oli desimaaliarvona 1.22 (ks. kuvio 16 ja liite 5: 3).

Ensimmäisinä testilinsseinä tutkimushenkilöllä C olivat tavalliset, ZEISS Single Vision Individual-linsit. Binokulaarinen näöntarkkuus ensimmäisillä testilinsseillä 100 %:n kontrastilla oli 1.27 (ks. kuvio 16 ja liite 5: 3). Tutkimushenkilö arvioi laseihin tottumiseen kuluneen 3-4 päivää. *”Silmälaseihin tottumiseen meni 3-4 päivää. Tuntui aluksi siltä, että silmät katsovat ristiin ja että lasit olisivat liian lähellä kasvoja, kunnes totuin linsseihin”* Valon määrän muutoksiin sopeutuminen helpottui testilinsien myötä.

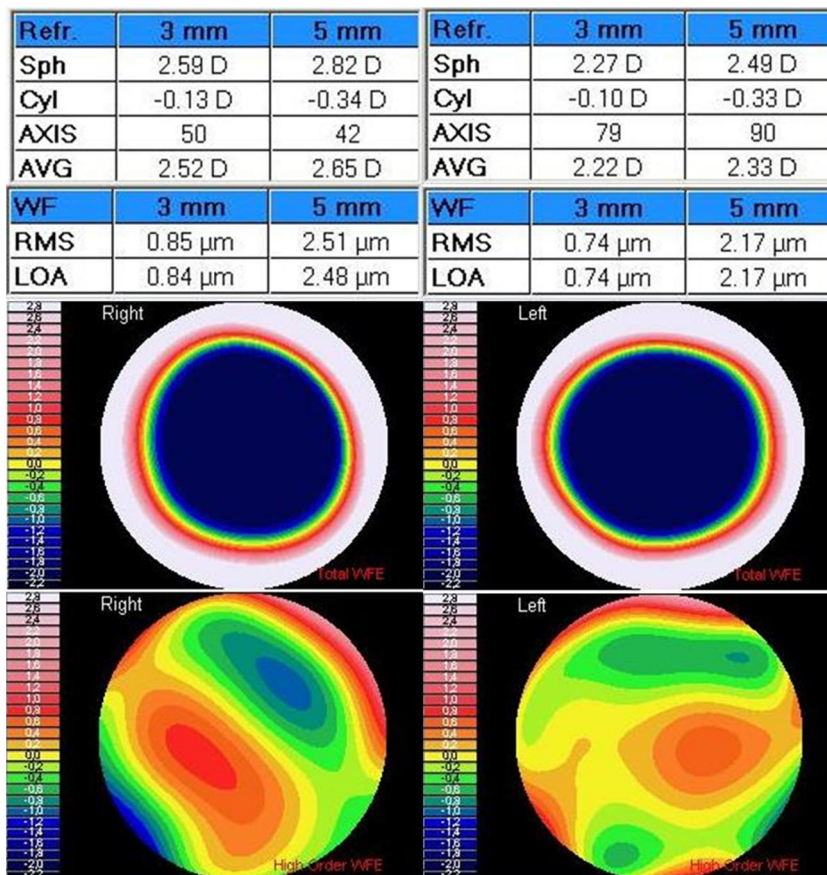
Toiset testilinsit olivat ZEISS Single Vision Individual i.Scription-linsit. Näillä linssillä paras binokulaarinen näöntarkkuus oli desimaaleina 1.22 (ks. kuvio 16 ja liite 5: 3). Näöntarkkuus oli hieman matalampi kuin ensimmäisillä testilinsseillä. Huomioitavaa oli kuitenkin se, että jälkimmäisillä linssillä katselu kaikille etäisyyksille tuntui miellyttävämmältä kuin ensimmäisillä testilinsseillä, vaikka muuten merkittäviä subjektiivisia eroja linssien välillä ei havaittukaan. Toisiin testilinsseihin käyttäjä koki tottuneensa välittömästi, eikä valaistuksen nopeat muutokset toisilla testilinsseillä tuntuneet lainkaan hankalilta.



Kuvio 16. Näöntarkkuus alenevalla kontrastilla, tutkimushenkilö C. Mitatut näöntarkkuuden jäävät alhaisemmiksi i.Scription linssillä kuin yksilöllisesti mitoitetuilla linssillä

7.4 Tutkimushenkilö D

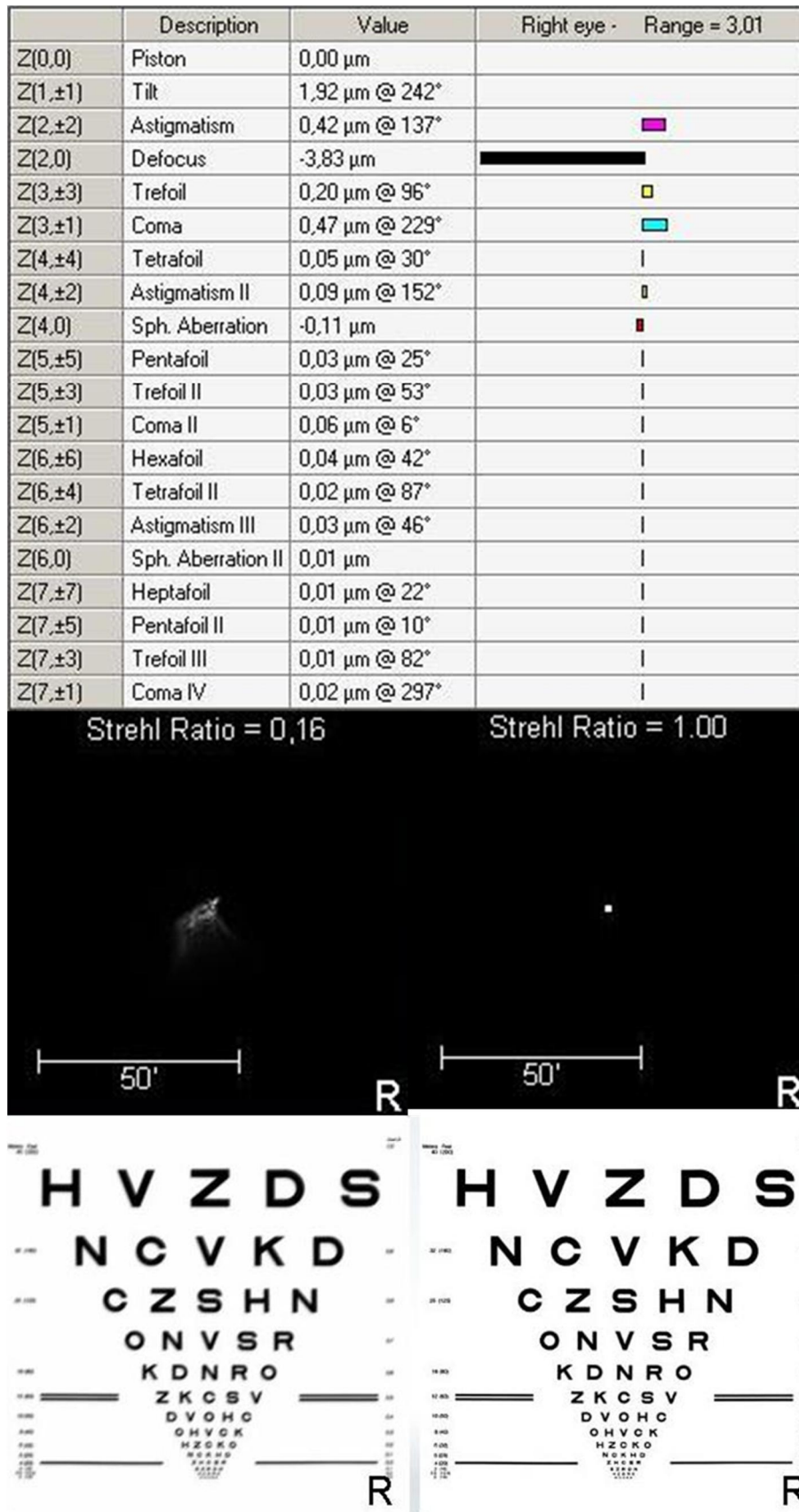
Tutkimushenkilö D on 55-vuotias nainen, ammatiltaan myyjä. Ennen tutkimuksen alkua hänellä oli käytössään noin kaksi vuotta vanhat progressiiviset silmälasit, joiden voimakkuudet olivat OD sf +2,25 cyl -0,25 ax? OS sf +2,50 ja ADD 2,00. Testilinsit hiottiin metallikehykseen ja uuden silmälasimääräyksen mukainen voimakkuus oli OD sf +2,50 cyl -0,25 ax 60, OS sf +2,50 ja ADD 2,00. Oikeaan silmään objektiivinen refraktio antaisi viiden millimetrin pupillilla hieman enemmän sfääristä plus-voimakkuutta ja vasempaan silmään pienen astigmatismien korjauksen (ks. kuvio 17).



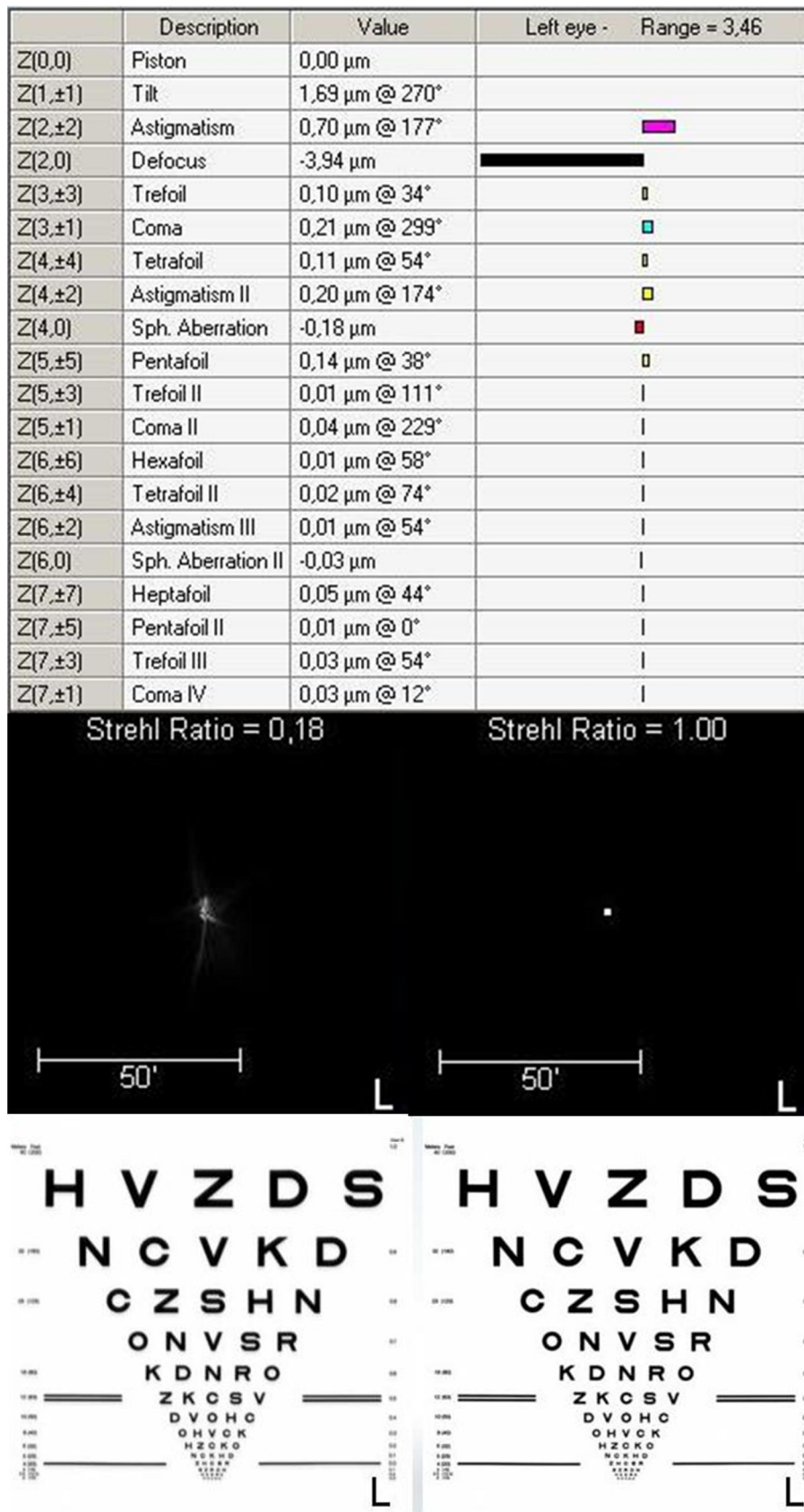
Kuvio 17. Zeiss i.Profiler silmän aberraatiot ja objektiivinen refraktio tutkimushenkilöllä D

Tutkimushenkilöllä D oikeassa silmässä trefoilin määrä on 0,20 mikrometriä, sfäärisen aberraation määrä -0,11 mikrometriä. Komaa henkilöllä D on tutkimushenkilöistä eniten 0,47 mikrometriä. Tämä näkyy pistemäisen valonlähteen laajana leviämisenä koman suunnan mukaan. Vasemmassa silmässä on enemmän erilaisia korkeamman asteen aberraatioita. Kolmannen asteen aberraatioista löytyy trefoilia 0,10 mikrometriä ja komaa 0,21 mikrometriä. Neljännen asteen aberraatioista silmässä on sekundaarista astigma-

tismia $-0,20$ mikrometriä ja sfääristä aberraatioita $-0,18$ mikrometriä sekä viidennen asteen aberraatioista pentafoilia $0,14$ mikrometriä. (ks. kuvio 18 ja 19.)



Kuvio 18. Tutkimushenkilön D aberraatioiden määrä ja valopisteen kuvautuminen oikeassa silmässä. Vasemmalla LOA- korjaus ja oikealla HOA-korjaus

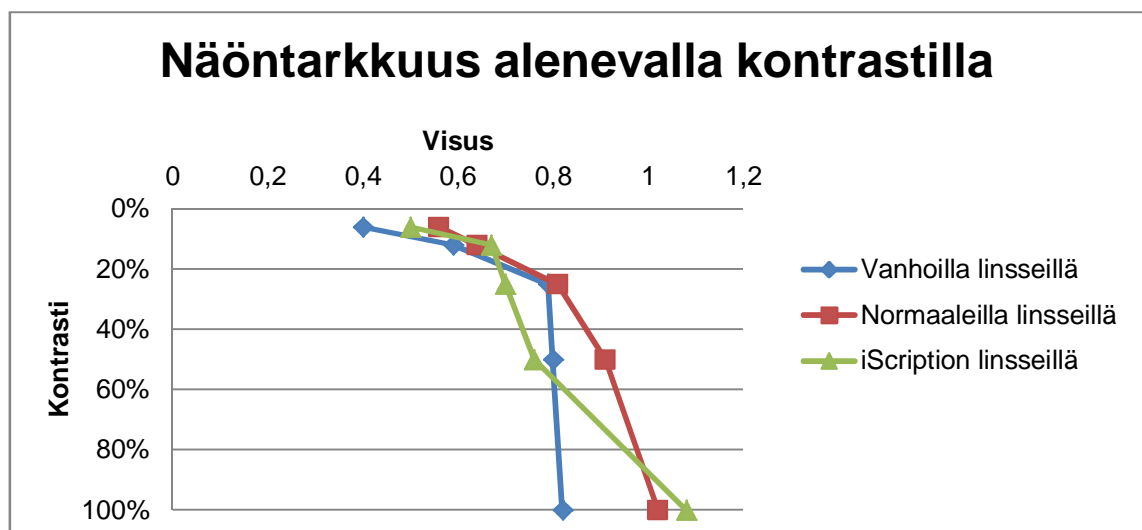


Kuvio 19. Tutkimushenkilön D aberraatioiden määrä ja valopisteen kuvautuminen vasemmassa silmässä. Vasemmalla LOA- korjaus ja oikealla HOA-korjaus

Tutkimushenkilö D oli käytössään oleviin silmälaseihinsa pääosin tyytyväinen. Hän koki näkevänsä laseilla tarkasti kauas ja lähelle silloin, kun valaistus oli riittävä. Heikommassa valaistuksessa hän koki näkevänsä tarkasti vain harvoin. Tutkimushenkilö arvioi häikäistyvänsä helposti erityisesti autoillessaan. Valonlähteiden, kuten katuvalojen ympärillä tutkimushenkilö D näki valonsäteitä tai valorenkaita silloin tällöin. Binokulaarinen näöntarkkuus oli omilla silmälaseilla 0.82 (ks. kuvio 20 ja liite 5: 4).

Ensimmäisinä testilinsseinä tutkimushenkilöllä D oli ZEISS Progressive Individual i.Scription-linsit. Näillä linseillä näöntarkkuus 100 % kontrastitasolla nousi desimaaleina ilmaistuna 0.82:sta 1.08:an. Myös matalammilla kontrastitasoilla tutkimushenkilö saavutti paremmat näöntarkkuusarvot kuin aikaisemmillä käytössään olleilla silmälaseilla. (ks. kuvio 20 ja liite 5: 4.) Merkittävää oli, että hän koki ensimmäisten testilinsien käyttöjakson päätteeksi nähneensä tarkemmin aikaisemmillä silmälaseillaan, vaikka näöntarkkuudet nousivatkin uusilla linseillä. Tutkimushenkilö D arvioi i.Scription -silmälasilinsseihin tottumiseen kuluneen 3-4 päivää.

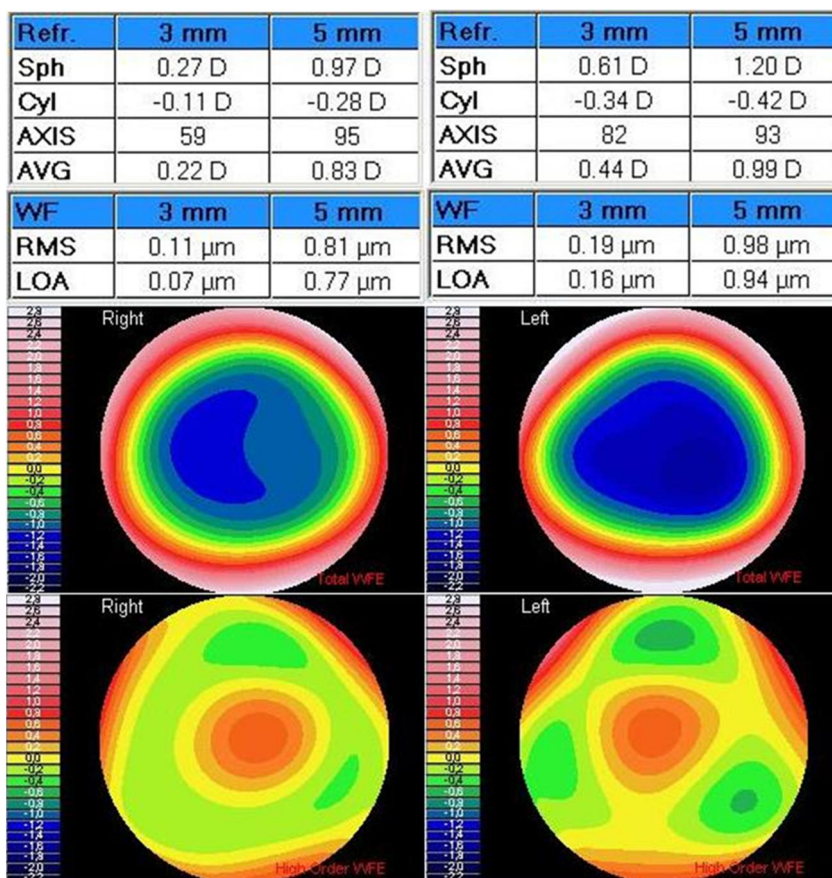
Toisina testilinsseinä tutkimushenkilöllä D oli ZEISS Progressive Individual-linsit. Näillä linseillä hän koki lukemisen päivänvalossa tarkemmaksi kuin i.Scription-linseillä. Binokulaarinen näöntarkkuus laski näillä testilinsseillä 0.06 desimaalia suhteessa i.Scription-linsseihin (ks. kuvio 20 ja liite 5: 4). Toiset testilinsit tuntuivat kuitenkin käyttäjästä kaiken kaikkiaan miellyttävämmiltä ja paremmilta sekä katselu terävämmältä



Kuvio 20. Näöntarkkuus alenevalla kontrastilla, tutkimushenkilö D. Näöntarkkuuksista huomataan kuinka suuri negatiivisen sfäärisen aberration vaikutus on i.Scription linssien käytettävyyteen

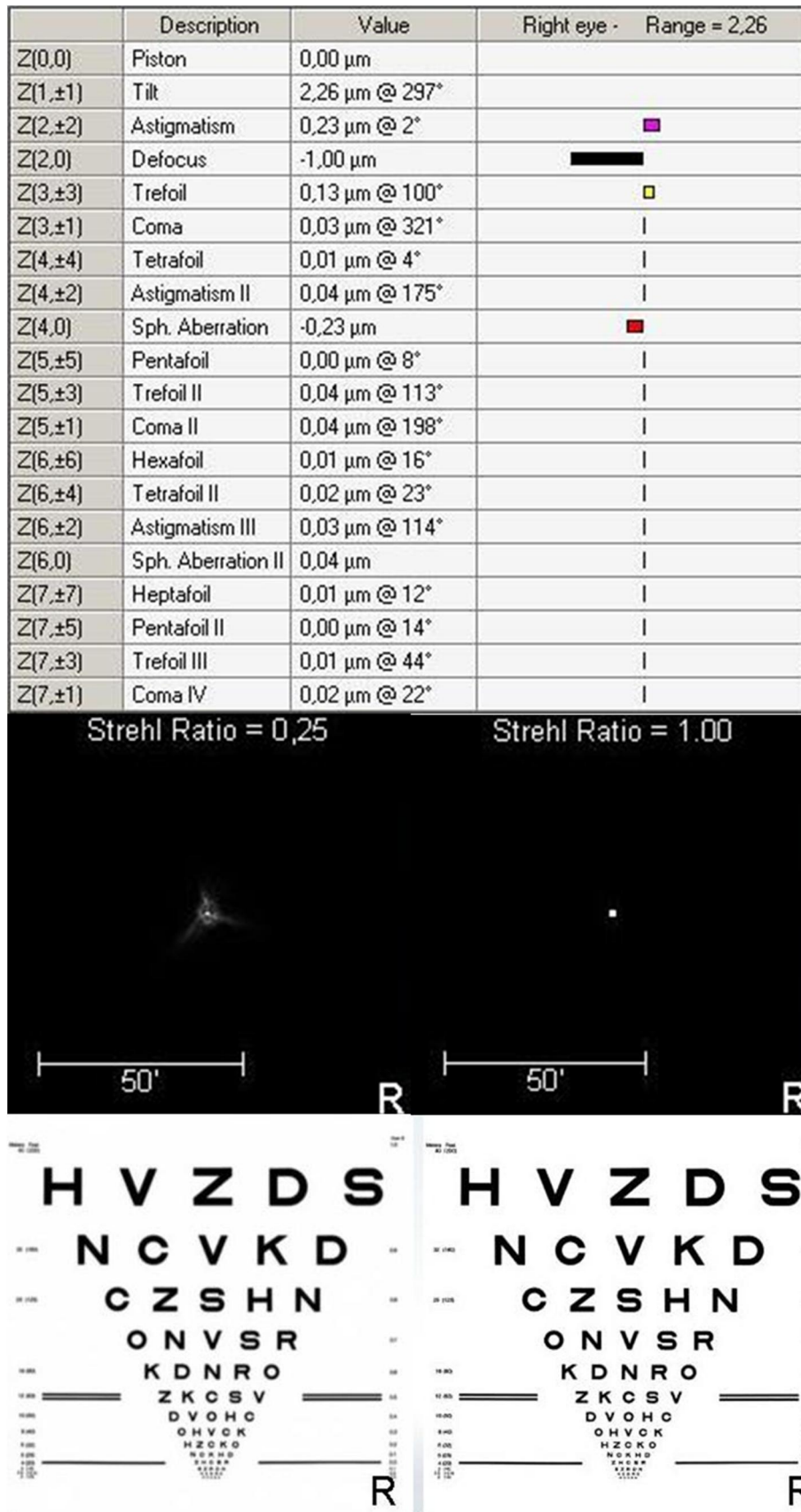
7.5 Tutkimushenkilö E

Tutkimushenkilö E on 40-vuotias nainen, ammatiltaan opiskelija. Ennen tutkimuksen alkua hänellä oli käytössään noin puoli vuotta vanhat progressiiviset silmälasit, joiden voimakkuudet olivat OD sf +0,50, OS sf +0,50 ja ADD +0,75. Testilinssit hiottiin muovikehykseen ja uuden silmälasimääräyksen mukainen voimakkuus oli OD sf +0,75, OS sf +0,75 ja ADD +1,00. Objektivisessa refraktiossa hyperopian määrä näyttäisi molemmissa silmissä lisääntyvän merkittävästi pupillin koon kasvaessa kolmesta millimetristä viiteen millimetriin. Vasempaan silmään objektiivisen refraktion mukaan voisi tulla pieni hajataiton korjaus, jota subjektiivisessa refraktiossa ei ole. (ks. kuvio 21.)

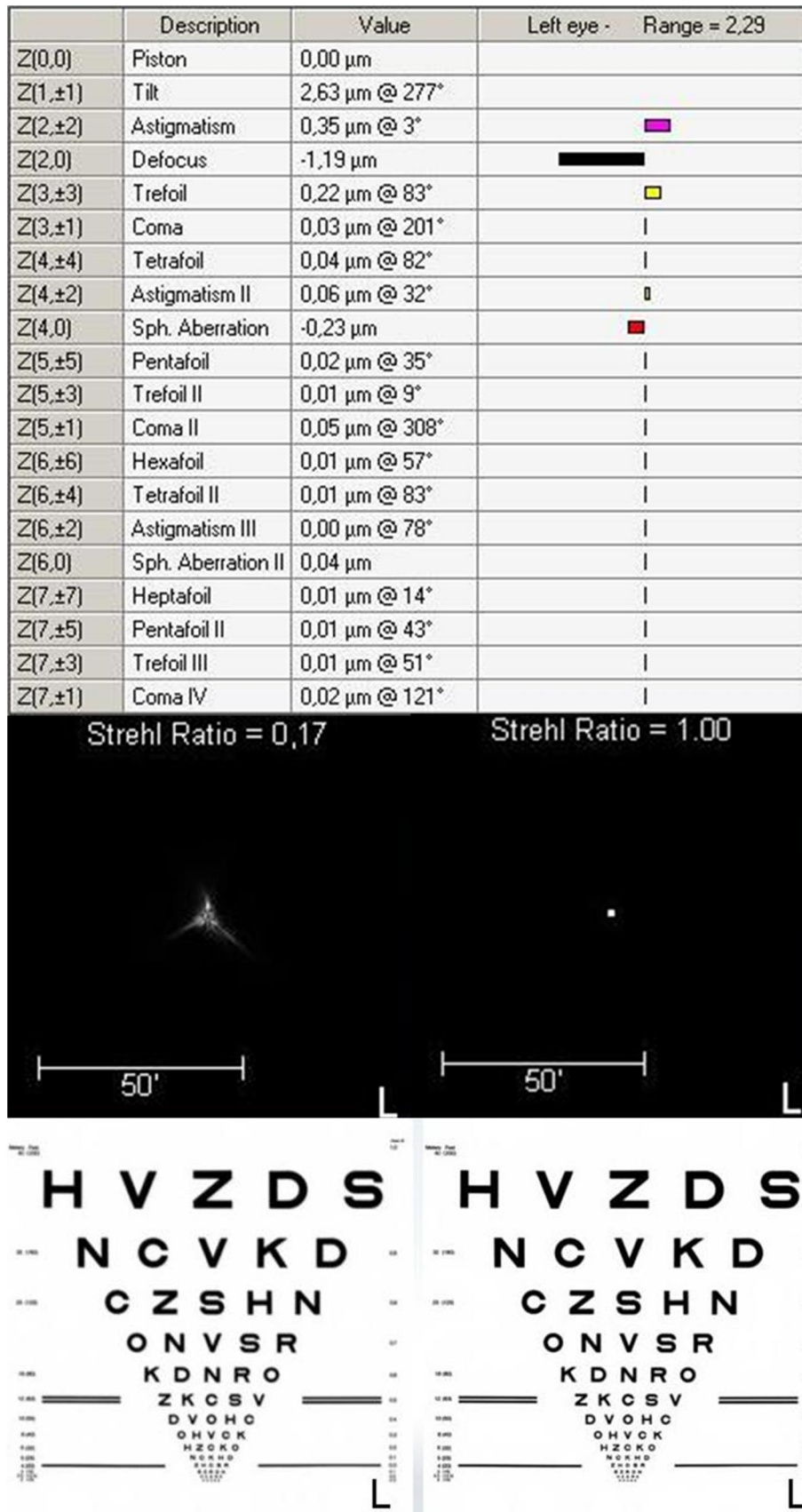


Kuvio 21. Zeiss i.Profiler silmän aberraatiot ja objektiivinen refraktio tutkimushenkilöllä E

Molemmissa silmissä pistemäinen valonlähde hajoo selkeästi trefoilille tyypilliseen kolmihäntäiseen muotoon. Oikeassa silmässä trefoilia on 0,13 mikrometriä ja vasemmassa silmässä 0,22 mikrometriä. Molemmissa silmissä korkeamman asteen aberraatioista esiintyy myös sfääristä aberraatiota, oikeassa silmässä -0,23 mikrometriä ja vasemmassa -0,18 mikrometriä. (ks. kuvio 22 ja 21.)



Kuvio 22. Tutkimushenkilön E aberraatioiden määrä ja valopisteen kuvautuminen oikeassa silmässä. Vasemmalla LOA- korjaus ja oikealla HOA-korjaus



Kuvio 23. Tutkimushenkilön E aberraatioiden määrä ja valopisteen kuvautuminen vasemmassa silmässä. . Vasemmalla LOA- korjaus ja oikealla HOA-korjaus

Lähtötilanteessa tutkimushenkilö E arvioi näkevänsä tarkasti eri etäisyyksille useimpien. Autoillessa tutkimushenkilö koki häikäistymisen ongelmaksi ja valonlähteiden ympärillä esiintyi valorenkaita silloin tällöin sekä valonsäteitä usein. Binokulaarinen näöntarkkuus käytössä olevilla silmälaseilla oli desimaaliarvona 1,29 (ks. kuvio 24 ja liite 5: 6).

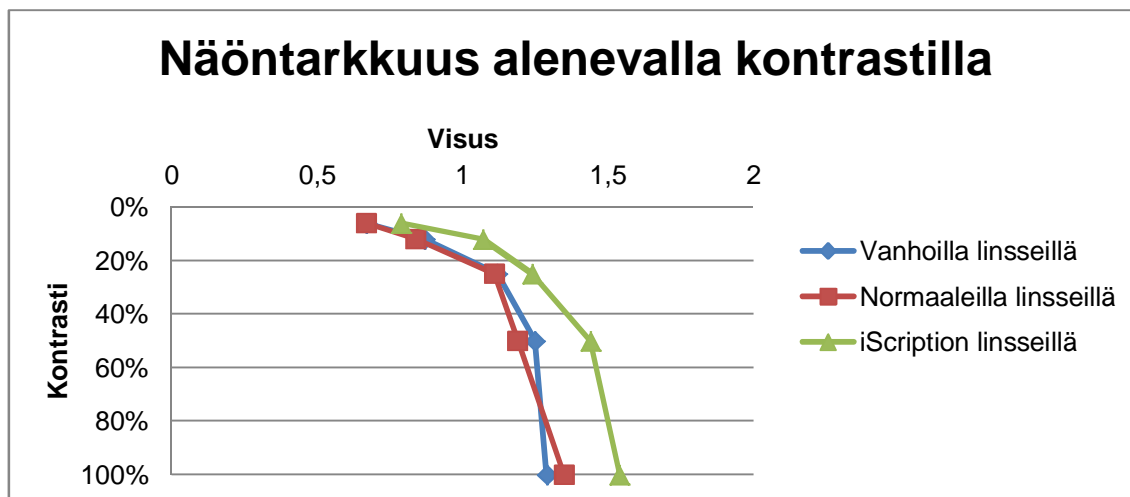
Ensimmäisinä testilinsseinä tutkimushenkilöllä E oli ZEISS Progressive Individual-linssit. Näillä linseillä binokulaarinen näöntarkkuus oli 100 % kontrastitasolla mitattuna 1,35 (ks. kuvio 24 ja liite 5: 6). Linseillä tutkimushenkilö koki näkevänsä tarkasti lähes aina. Heikoiten hän arvioi näkevänsä terävästi kauas hämärässä. Valorenkaita tai -säteitä valonlähteiden ympärillä tutkimushenkilö E koki näkevänsä enää harvoin.

Toiset testilinssit olivat ZEISS Progressive Individual i.Scriptionit. Myös näillä testilinsseillä valonsäteiden ja valorenkaiden näkeminen valonlähteiden ympärillä väheni. Binokulaarinen näöntarkkuus i.Scription linseillä oli 100 % kontrastitasolla 1,54. Tutkimuksessa käytetyssä pienimmässä kontrastitasossa (6 %) tutkimushenkilön näöntarkkuus ylsi 0,79 tasolle. Ensimmäisillä testilinsseillä näöntarkkuus 6 % kontrastilla jäi 0,67. (ks. kuvio 24 ja liite 5: 6.)

Häikäistyn autoillessa helposti pimeänä vuodenaikana ja tämän testaaminen oli nyt valoisana aikana vuodenaikana vaikeaa. Koska näen kauas ilman korjaustakin, testasin eräänä yönä autossa istuessani linsejä. Huomasin, että linssien läpi katsellessa katuvalojen ympärillä ei ollut samanlaisia renkaita kuin ilman linsejä.

Linssien arvioiminen oli vaikeaa myös siksi, että voimakkuuteen tuli sekä kauas että lähelle pieni muutos, joka sumensi välillä etenkin kauas. Lähi-alue tuntui edellisiin laseihini verrattuna kapealta ja reunavääristymät häiritseviltä. Tuntui, että päätä piti käänellä enemmän kuin vanhoilla laseillani.

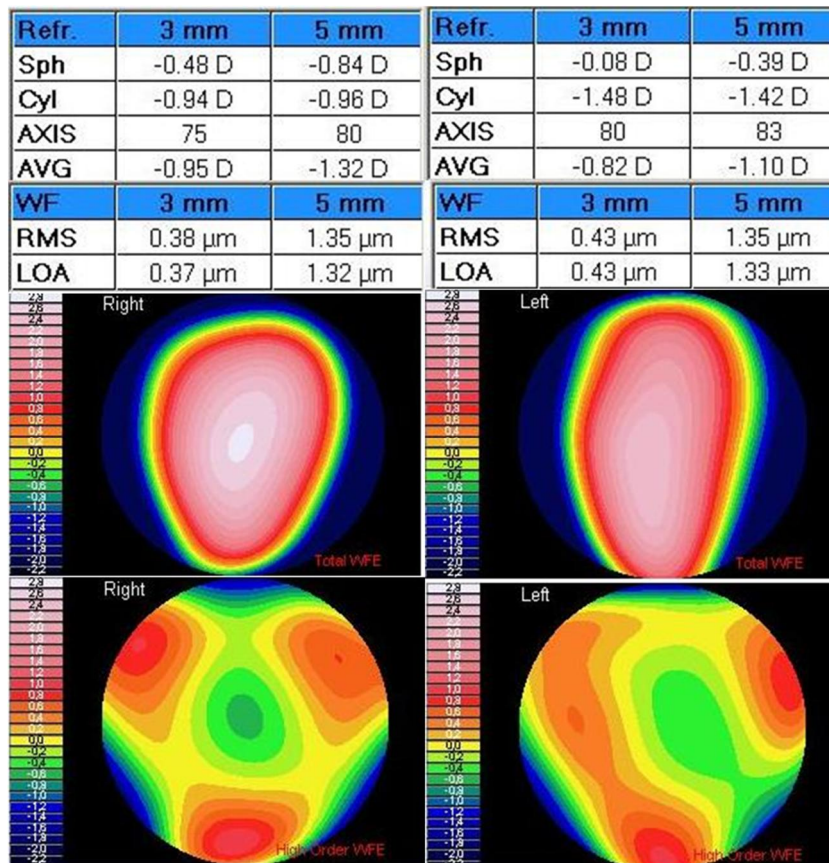
Tutkimushenkilö valitsi testijaksojen päätteeksi käyttöön jääväksi linssipariksi linssit i.Scription-korjauksella. i.Scription-linssien lukualue tuntui käyttäjältä paremmalta kuin tavallisten linssien lukualue. Välialue sen sijaan ei ollut aivan yhtä toimiva kuin ensimmäisillä testilinsseillä. Hän koki näkevänsä paremmin, terävämmin ja miellyttävämmin toisilla testilinsseillä.



Kuvio 24. Näöntarkkuus alenevalla kontrastilla, tutkimushenkilö E. i.Scription-linseillä näöntarkkuudet olivat huomattavasti paremmat kuin yksilöllisesti mitoitetuilla linseillä

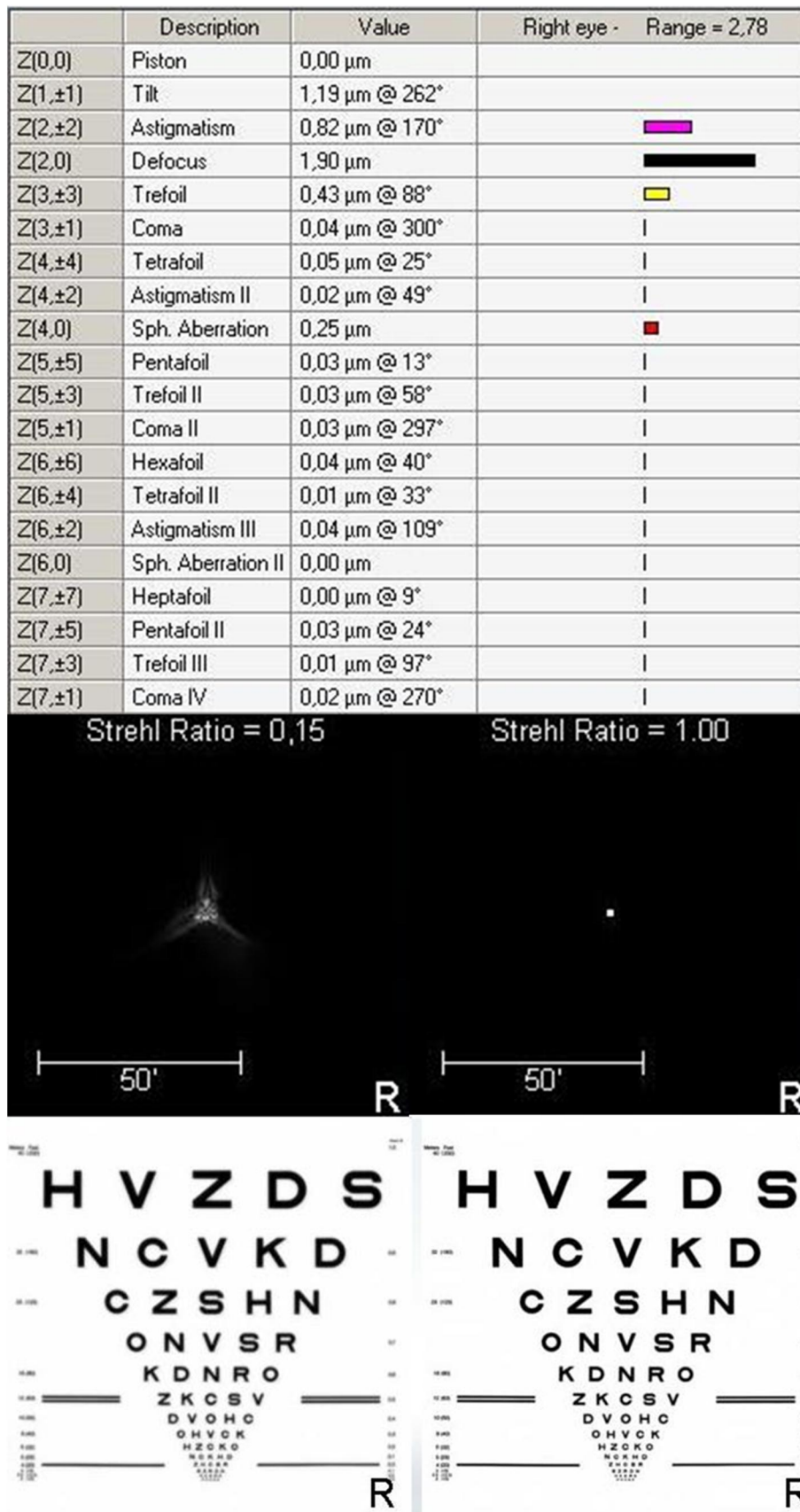
7.6 Tutkimushenkilö F

Tutkimushenkilö F on 56-vuotias mies, ammatiltaan lääkäri. Ennen tutkimuksen alkua hänellä oli käytössään noin vuoden vanhat progressiiviset silmälasit, joiden voimakkuudet ovat samat kuin testilinssien voimakkuudet. Testilinssit hiottiin muovikehykseen ja uuden silmälasimääräyksen mukainen voimakkuus oli OD sf -0,25 cyl -1,00 ax 85, OS sf $\pm 0,00$ cyl -1,50 ax 85 ja ADD 2,25. Objektivisen refraktion mukaan sylinterivoimakkuus kolmen ja viiden millimetrin pupillilla säilyi lähes samanlaisena. Sfäärisen voimakkuuden muutos oli suurempi kummallakin pupillin koolla verrattuna subjektiiviseen refraktioon (ks. kuvio 25).

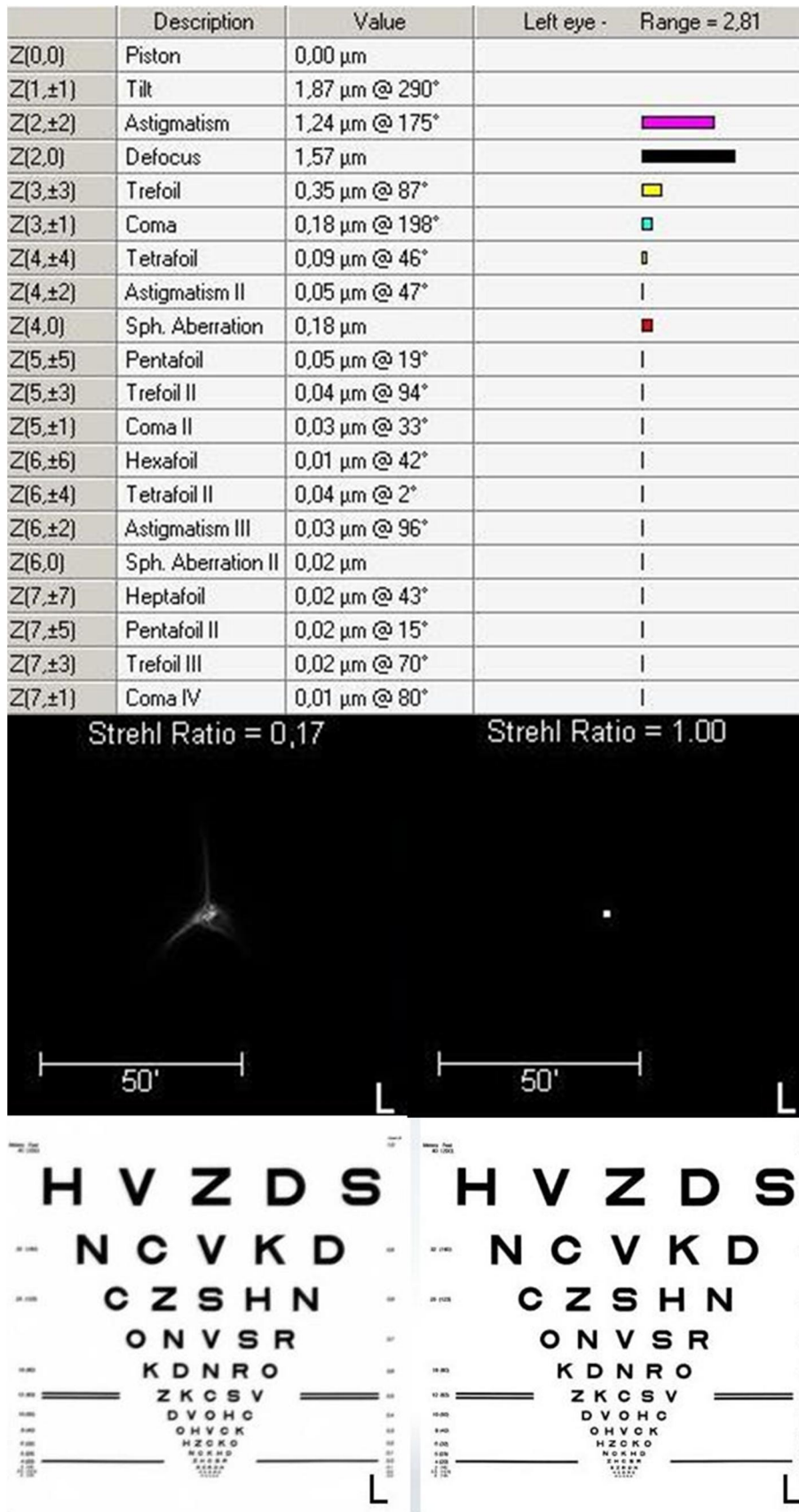


Kuvio 25. Zeiss i.Profiler silmän aberraatiot ja objektiivinen refraktio tutkimushenkilöllä E

Tutkimushenkilöllä F korkeamman asteen aberraatiosta oikeassa silmässä oli trefoilia 0,43 mikrometriä ja sfääristä aberraatiota 0,25 mikrometriä. Vasemmassa silmässä hänellä oli trefoilia 0,32 mikrometriä, komaa 0,18 mikrometriä ja sfääristä aberraatiota 0,18 mikrometriä. (ks. kuvio 26 ja 27.)



Kuvio 26. Tutkimushenkilön F aberraatioiden määrä ja valopisteen kuvautuminen oikeassa silmässä. Vasemmalla LOA- korjaus ja oikealla HOA-korjaus



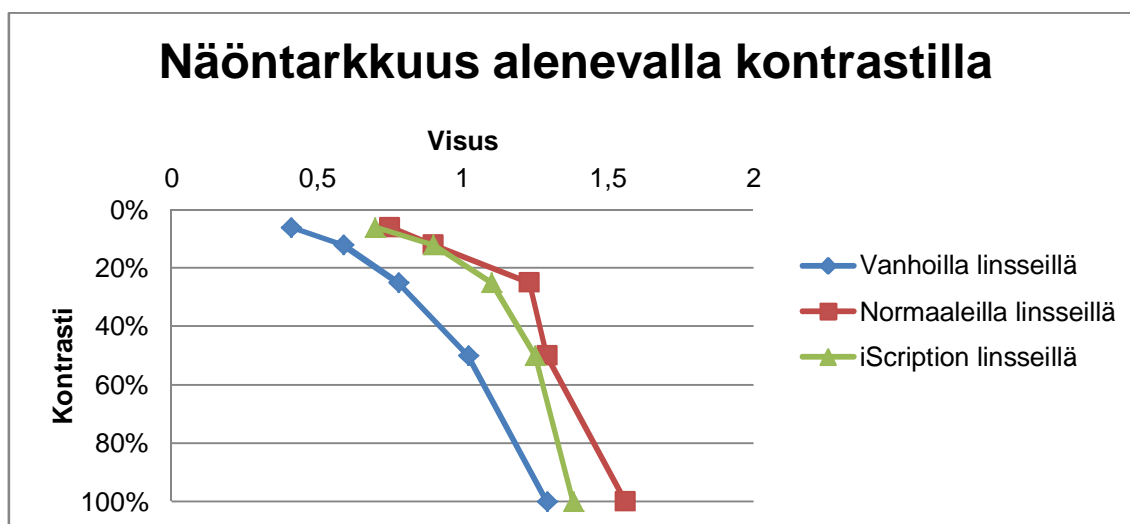
Kuvio 27. Tutkimushenkilön F aberraatioiden määrä ja valopisteen kuvautuminen vasemmassa silmässä. Vasemmalla LOA- korjaus ja oikealla HOA-korjaus

Lähtötilanteessa tutkimushenkilö F koki käytössään olevat silmälasit toimiviksi erilaisissa valaistusolosuhteissa sekä kauas että lähelle. Hänen binokulaarinen näöntarkkuutensa oli 100 %:n kontrastilla mitattuna 1.29 (ks. kuvio 28 ja liite 5: 6).

Ensimmäisinä testilinsseinä hänellä oli käytössään Zeiss Progressive Individual i.Scription-linssit. Tutkimushenkilö oli testilinsseihin erittäin tyytyväinen. Lukualueen sijoittuminen linssinsseissä tuntui paremmalta kuin omissa vanhoissa laseissa. Binokulaarinen näöntarkkuus 100 %:n kontrastitasolla nousi 1.29:stä 1.38:an. Merkittävää oli, että testilinsseillä kontrastiherkkyys parani huomattavasti verrattuna lähtötilanteeseen. Kuuden prosentin kontrastilla mitattuna tutkimushenkilön F näöntarkkuus ylsi i.Scription linseillä 0.70 kun aikaisemmillä laseilla se jäi 0.41:en. (ks. kuvio 28 ja liite 5:6.)

Toiset testilinsit tutkimushenkilö F:llä olivat tavalliset Zeiss Progressive Individual-linssit. Tutkimushenkilön binokulaarinen näöntarkkuus parani verrattuna ensimmäisiin testilinsseihin. Binokulaarinen näöntarkkuus 100 %:n kontrastitasolla oli 1.56. Kontrastin pudotus toi samankaltaisen tuloksen kuin i.Scription-linsseillä. (ks. kuvio 28 ja liite 5: 6.)

Jo ensimmäiset linssit tuntuivat todella hyviltä. Erityisesti lukualue oli merkittävästi parempi kuin vanhoilla linseillä. Jotenkin toiset linssit olivat paremmat. Sitä on vaikea kuvata. Näillä linseillä pystyn jopa jonkin aikaa tekemään työtä tietokonepääteellä.



Kuvio 28. Näöntarkkuus alenevalla kontrastilla, tutkimushenkilö F. Yksilöllisesti mitoitetuilla linseillä näöntarkkuudet olivat huomattavasti paremmat kuin i.Scription-linsseillä

8 Tutkimustulokset

Näöntarkkuus- ja kontrastiherkkyytstesteissä viidellä tutkimushenkilöllä kuudesta binokulaarinen näöntarkkuus oli 100 %:n kontrastitasolla parempi i.Scription-linsseillä kuin perinteisillä yksilöllisesti mitoitetuilla silmälasilinsseillä. Tämä voidaan katsoa opinnäytetyömme merkittävimmäksi löydökseksi i.Scription-tekniikan puolesta puhujana. Myös matalimmalla kuuden prosentin kontrastitasolla mitattuna kolmella tutkimushenkilöllä näöntarkkuus oli parempi i.Scription-linsseillä. Keskimäärin näöntarkkuus laski i.Scription-linsseillä siirryttäessä 100 % kontrastista kuuden prosentin kontrastiin 0.70 desimaaliyksikön verran. Vastaavasti yksilöllisillä linsseillä pudotus oli 0.63 desimaalia. Kaikilla tutkimushenkilöillä näöntarkkuus toisilla tai molemmilla testilinsseillä oli parempi kuin tutkimushenkilön omilla vanhoilla silmälasilla. Viisi kuudesta tutkimushenkilöstä ei enää halunnut palata entisiin silmälasihinsa Zeiss-silmälasilinsien käytön jälkeen ja kolme kuudesta koki näkemisen i.Scription silmälasilinsseillä terävämmäksi ja miellyttävämmäksi.

Tutkimushenkilöt A, B, C ja E valitsivat käyttöön jääväksi linssipariksi i.Scription-silmälasilinsit. Tutkimushenkilö B ei pystynyt valitsemaan kumpaakaan linssiparia toista paremmaksi. Sen sijaan tutkimushenkilöt D ja F pitivät yksilöllisesti mitoitettuja linssijä miellyttävämpinä käyttä. Vaikka tutkimushenkilö D valitsi käyttöön jääväksi linssipariksi ilman i.Scription-tekniikkaa valmistetun linssiparin, näöntarkkuus 100 %:n kontrastilla oli parempi i.Scription linsseillä. Tutkimushenkilön D linssivalintaa selitti molemmissa silmissä esiintyvä negatiivinen sfäärinen aberraatio, joka ylitti Zeissin suosittelemat raja-arvot. Sen sijaan tutkimushenkilö E valitsi käyttöönsä i.Scription linssit vaikka hänelläkin negatiivisen sfäärisen aberraation määrä ylitti suositeltavat raja-arvot. Tutkimushenkilöllä C oikean ja vasemman silmän mittausten perusteella i.Scription-korjattu linssi olisi ollut suositeltava. Vaikka vasemmassa silmässä oli negatiivista aberraatiota vain hieman alle suositetun raja-arvon, komaa oli riittävästi tasapainottamaan negatiivisen sfäärisen aberraation vaikutusta. Mittaustulosten mukaan tutkimushenkilölle F i.Scription-linsit olisivat soveltuneet hyvin, mutta vastoin oletuksiamme hän valitsi käyttöön jääväksi pariksi yksilöllisesti mitoitettuja silmälasilinsit. Myöhemmin tutkimushenkilö F osti itselleen toisen samanlaisen kehyksen, ja käyttää nykyisin molempia silmälasia rinnakkain.

Kaiken kaikkiaan voidaan todeta, että tutkimusjoukkomme sisällä i.Scription-tekniikan linssit tarjoavat tarkempaa näkemistä erityisesti korkeakontrastisissa olo-

suhteissa. Se, miten tutkimushenkilöt kokivat näkemisen terävyyden ja miellyttävyyden, korreloi näöntarkkuus- ja kontrastiherkkyysmittaustulosten kanssa puolessa tapauksista. Käyttäjien subjektiiviseen käyttäjäkokemukseen nähden ei merkittävää eroa pystytty kaikkien tutkimushenkilöiden kohdalla osoittamaan.

9 Pohdinta

Mielestämme lähestyimme aihetta oikeasta näkökulmasta valitsemalla tutkimuksen luonteeksi kvalitatiivisen tapaututkimuksen. Tutkimusjoukon pienen koon vuoksi, ei tutkimustuloksista voida tehdä laaja-alaisia johtopäätöksiä i.Scription-tekniologian hyödyistä kuluttajalle.

Tutkimushenkilöiden valinta olisi ollut hyödyllisempää tehdä suuremmasta otoksesta. Tällöin ennen tutkimuksen alkua olisimme voineet haastatella osallistujat tarkemmin ja tehdä kaikille aberraatiomittaukset kartoittaaksemme i.Scription- linssien soveltuvuutta tutkimushenkilöille. Näin ollen, olisimme pystyneet arvioimaan osallistujien näkemisen ongelmia Zeissin linssilupauksen suhteen. Meidän tutkimusjoukkoomme valikoitui tietämättämme henkilöitä joilla ei ollut huomattavia määriä korkeamman asteen aberraatiota sekä henkilöitä joille maahaantuoja ei suosittelisi i.Scription linsejä.

Vaikka valikoituneella tutkimusjoukolla oli hyvä motivaatio kertoa kokemuksistaan, olisi valikoidumpi tutkimusjoukko antanut vielä enemmän yksilöllistä informaatiota linssien ominaisuuksista ja näkemisen laadusta. Valikoituneen tutkimusjoukon positiivisena puolena voidaan pitää sitä, että osallistujat olivat optisen alan ulkopuolella olevia henkilöitä, tavanomaisia optikkoliikkeissä asioivia kuluttajia. Näin ollen tutkimushenkilöt eivät osanneet etsiä linseistä mitään erityisiä ominaisuuksia, vaan reaktiot linssien miellyttävydestä ja optisista ominaisuuksista olivat aitoja.

Suunnittelemamme kyselylomake kertoi meille linssien sellaisista ominaisuuksista, joita tutkimushenkilöemme eivät välttämättä muutoin olisi osanneet yhdistää silmälasikorjaukseen ja silmälasilinssien laatuun sekä käytettävyyteen. Kyselylomakkeemme heikkoutena oli sen strukturoitu rakenne ja verkkomuoto, sillä emme voineet olla varmoja, ymmärsivätkö tutkimushenkilöt kysymyksemme oikein. Lisäksi kysymykset olivat hyvin tarkkoja ja tiettyjä tilanteita koskevia. Kysymyksiin vastattiin siis hyvin spesifisti, eikä tutkimushenkilö päässyt kertomaan näkemisestään vapaasti. Tutkimushenkilöitä haastatteleamalla ja seuraamalla heidän päivän toimintojaan, he olisivat mahdollisesti pystyneet tekemään tarkempia huomioita linssien optisista ominaisuuksista ja käytettävyydestä.

Näöntarkkuuteen voidaan olettaa vaikuttavan tutkimushenkilön keskittymisen taso ja vireystila. Pienet erot mitatuissa näöntarkkuuksissa voivat olla myös normaalia näön-

tarkkuuden vaihtelua, eivätkä ne välttämättä liity linssien optisiin ominaisuuksiin. Nämä ovat tekijöitä joihin, emme tutkimustilanteissa pystyneet vaikuttamaan. Käyttämämme FrACT-ohjelma toimi näöntarkkuuden ja kontrastikynnyksen mittaamisessa hyvin ja mitatut tulokset ovat toistettavissa. Testimerkkien ulkoa oppimisen mahdollisuutta ei ollut, koska testiohjelma antaa Landoltin renkaan aukon suunnan satunnaisessa järjestyksessä jokaisella mittauskerralla. Valaistusolosuhteet mittauksissa pystyttiin pitämään samanlaisina kaikkien tutkittavien ja tutkimuskertojen kohdalla.

Vaikka kehys ja sen taivuttelut pysyivät samanlaisina molempien linssiparien testauksen ajan, oli linsseissä kuitenkin eroja hionnan suhteen. Kehyksen aiheuttamaa jännitettä linsseissä ei pystytty vakioimaan, koska eri teknologialla valmistetut linssit olivat hieman eri paksuisia, jolloin linssit eivät asetu kehysaukon uraan identtisesti. Tämä on voinut vaikuttaa linssien optisiin ominaisuuksiin heikentävästi. Pyöristämällä linssin fasetin harjaa pystyimme jonkin verran kontrolloimaan jännitteiden määrää, mutta emme pystyneet poistamaan jännitteitä kokonaan. Kehysrengas itsessään aiheuttaa aina jonkin verran jännitettä linssiin. Varsinkin näin yksilöllisissä linsseissä on erityisen tärkeää, ettei linsseihin tule minkäänlaista ylimääräistä jännitettä.

Opinnäytetyöprosessin aikana heräsi paljon lisäkysymyksiä opinnäytetyömme aiheesta ja siihen liittyvistä osatekijöistä. Jatkotutkimusehdotuksina esitämme yksilöllisesti mitoitettujen silmälasilinssien käytettävyydessä tapahtuvaa muutosta kun kehyksen taivuttelu, esimerkiksi kaltevuuskulma ja kaarevuus, muuttuvat mitoitetuista arvoista. Lisäksi olisi mielenkiintoista tutkia pelkästään näöntarkkuus- ja kontrastiherkkyysarvoja samankaltaisella tutkimusasetelmalla kuin meidän opinnäytetyössämme, mutta huomattavasti suuremmalla tutkimusjoukolla. Näin tuloksia pystyttäisiin hyödyntämään paremmin ja niistä voitaisiin tehdä yleistettäviä johtopäätöksiä i.Scription-tekniikan eduista.

Lähteet

Bach, Michael 2012. Verkkojulkaisu. <<http://www.michaelbach.de/fract/index.html>> Luettu 3.10.2013

Benjamin, William J. 1998. Borish's Clinical Refraction. Yhdysvallat: W.B.Saunders Company

Brooks, Clifford W - Borish, Irvin M.2007.System of ophtalmic dispensing, third edition. St.Louis, Missouri, Yhdysvallat: Butterworth Heinemann Elsevier.

Carl Zeiss Vision Nordics 5/2012. Product Catalogue.

Elkington, Andrew R. - Frank, Helena J. - Greaney, Michael J. 1999. Clinical Optics. Third Edition. Malden, Yhdysvallat: Blackwell Publishing Inc.

Grosvenor, Theodore 2007. Primary Care Optometry. Fifth edition. Philadelphia, Yhdysvallat: Butterworth Heinemann Elsevier.

Ledford, Janice K. - Daniels, Ken - Campbell, Robert 2006. Optics, Retinoscopy, and Refractometry. Second Edition. Vancouver, British Columbia: SLACK Incorporated.

Light and Vision. Lenses. Aberrations. Verkkodokumentti. <<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/geoopt/aberrcon.html#c1>>. Luettu 12.09.2013.

Millodott, Michel 2000. Dictionary of optometry and visual science. Fifth edition. Oxford, Iso-Britannia: Butterworth-Heinemann

Partio, Sami 2013. Finland Area Sales Manager. Carl Zeiss Vision Ab. Sähköpostikeskustelu 30.10.2013

Rabbetts, Ronald B. 2007. Bennett & Rabbetts' Clinical Visual optics. Fourth edition. United Kingdom: Butterworth Heinemann Elsevier

Sloane, M.E. - Ball, K. - Owsley, C. - Bruni, J.R. - Roenker, D.L. 1992. The Visual Activities Questionnaire (VAQ). Developing an instrument for assessing problems in every day visual tasks. Kyselylomake.

Smith Warren J. 1990. Modern Optical Engineering. The design of Optical Systems. Second edition. Yhdysvallat: McGraw-Hill

Vilkka Hanna 2005. Tutki ja kehitä. Keuruu, Kustannus osakeyhtiö Tammi.

Zeiss singel vision Sph sport. Zeiss. Carl Zeiss Vision GmbH. Verkkodokumentti, <<http://www.zeiss.de/4125680f0053a38d/Contents-Frame/d2cece1313d09787c1257066003d3893>> Luettu 2.10.2013

Saatekirje

SAATEKIRJE

Olette osallistumassa Ammattikorkeakoulu Metropolian ryhmän SO10S1 opinnäytetyöhön.

Opinnäytetyömme tilaajana toimii Carl Zeiss Vision Oy, Suomi. Tutkimus tehdään Ammattikorkeakoulu Metropolian optometrishi-oppiskelijoiden opinnäytetyönä. Tutkimuksen osapuolina toimivat optometrishi-oppiskelijat Iina Pietilä, Laura Sorjamaa ja Jenny Wiklund, Carl Zeiss Vision Oy Suomi sekä riippumattomat linssitestaajat.

Opinnäytetyössä vertaillaan käyttäjien subjektiivisia käyttökokemuksia kahden eri valmistustekniikan linseillä. Tutkimus toteutetaan kaksoissokkokeena, jossa linssitestaajat saavat käyttöönsä kahdet erilaiset linssit tietämättä kummat heillä on käytössään. Käyttöjakso linssiparille on 2 viikkoa (14 päivää) ja toinen linssipari otetaan käyttöön ilman välipäiviä. Tutkimustulokset kerätään sekä strukturoiduilla – että avoimilla kyselylomakkeilla sekä haastattelututkimuksena.

Tutkimustulokset kootaan kirjalliseksi tuotokseksi joka on tarkoitus luovuttaa arvioitavaksi syksyllä 2013. Opinnäytetyö on kokonaisuudessaan luettavissa Ammattikorkeakoulu Metropolian Theseus-tietokannasta.

Opinnäytetyön tutkimustuloksia Carl Zeiss Vision Oy Suomi saa käyttää haluamallaan tavalla, kuitenkin niin, että tutkimuksen osanottajien anonymiteetti säilyy.

Tämän saatekirjeen nojalla tekijäpuoli

- Sitoutuu säilyttämään riippumattomien linssitestaajien anonymiteetin.
- Sitoutuu toimittamaan linssitestaajille kahdet (2) Carl Zeiss – silmälasilinssit.

Iina Pietilä

Laura Sorjamaa

Jenny Wiklund

Tämän saatekirjeen nojalla

- Sitoudun antamaan kirjallista palautetta käyttämästäni Carl Zeiss Oy Suomi tuotteista
- Annan suostumukseni käyttää antamaani kirjallista palautetta osana opinnäytetyön aineistoa

koehenkilön allekirjoitus

Kyselylomake

Linssivertailu

Seuraavat väittämät koskevat näkemistäsi erilaisissa olosuhteissa. Lue jokainen väittämä huolellisesti ja valitse itsellesi sopivin vastausvaihtoehto. Vastaa kaikkiin kysymyksiin käytössä olevien silmälasien perusteella.

*Pakollinen

Nimi: *

Missä vaiheessa tutkimusta täytät lomaketta? *

LUE HUOLLELLISESTI JOKAISEN KYSYMYKSEN KOHDALLA VASTAUSVAIHTOEHDOT TARKASTI, KOSKA NE VAIHTELEVAT.

Näen tarkasti *

	Aina	Usein	Silloin tällöin	Harvoin	Ei koskaan
Kauas päivänvalossa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kauas hämärässä/pimeässä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lähelle päivänvalossa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lähelle hämärässä/pimeässä (esim. ravintolan ruokalista)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Häikäistyn helposti *

	Aina	Usein	Silloin tällöin	Harvoin	Ei koskaan
Katuvalaistuksesta hämärässä/pimeässä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Katsoessani televisiota hämärässä/pimeässä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lukiessani kirkaassa valaistuksessa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Vain autoilijoille. Jos et pysty arvioimaan häikäistymistäsi näissä tilanteissa, niin jätä täyttämättä.

	Aina	Usein	Silloin tällöin	Harvoin	Ei koskaan
Häikäistyn helposti vastaantulevien autojen valoista	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Häikäistyn helposti ajaessani sateessa pime-	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	Aina	Usein	Silloin tällöin	Harvoin	Ei koskaan
ässä vastaantulevien autojen valoista					
Ajaessani sateessa pimeällä on hankalaa nähdä tietä vastaantulevien ajoneuvojen ajovalojen vuoksi.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Koen epämiellyttäväksi *

	Täysin samaa mieltä	Samaa mieltä	Ei samaa eikä eri mieltä	Eri mieltä	Täysin eri mieltä
katuvalot hämärässä/pimeässä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ohi ajavien autojen valot hämärässä/pimeässä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
mainoskylttien valot hämärässä/pimeässä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
television katselun hämärässä/pimeässä huoneessa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
kynttilänvalon hämärässä/pimeässä huoneessa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
kirkkaan tietokonenäytön	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ympäröivät valot kohdistaussani katseeni tiettyyn kohteeseen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Sopeutuminen *

	Aina	Usein	Silloin tällöin	Harvoin	Ei koskaan
äkilliseen kirkkaaseen valoon on hankalaa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
äkilliseen hämärään/pimeyteen on hankalaa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
kirkkaaseen päivänvaloon kestää kauan	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
hämärään valaistukseen kestää kauan	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Näen valonlähteiden ympärillä *

	Aina	Usein	Silloin tällöin	Harvoin	Ei koskaan
valonrenkaita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
valonsäteitä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Näen linssien reuna-alueiden läpi yhtä tarkasti kuin linssien keskiosan läpi katsottaessa *

- Täysin samaa mieltä
- Jokseenkin samaa mieltä
- Ei samaa eikä eri mieltä
- Jokseenkin eri mieltä
- Täysin eri mieltä

Totuin linssihin (Tämä kohta täytetään AINOASTAAN ensimmäisten että toisten koelinssien käytön jälkeen.)

- Heti
- Nopeasti (1-2 päivää)
- Kohtalaisesti (3-4 päivää)
- Hitaasti (5-8 päivää)
- En lainkaan käyttöjakson aikana
- En osaa arvioida tottumisaikaa

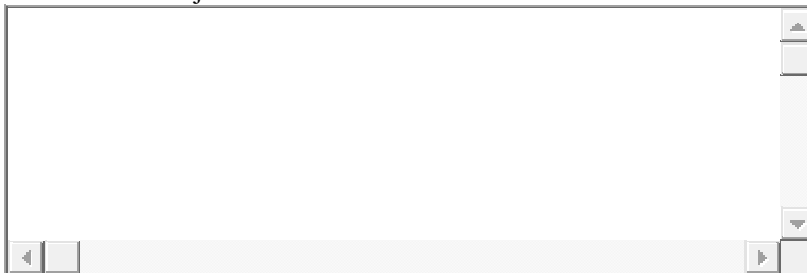
Moniteholinssien (Vain monitehokäyttäjille. Vastaa ensimmäisten ja toisten testilinssien jälkeen.)

	Täysin samaa mieltä	Samaa mieltä	Ei samaa eikä eri mieltä	Eri mieltä	Täysin erimieltä
lukualue tuntui miellyttävältä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
lukualue oli helppo käyttää/löytää	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
välialue tuntui miellyttävältä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
välialue oli helppo käyttää/löytää	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
reunavääristymät olivat häiritseviä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
lukualue oli riittävän laaja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

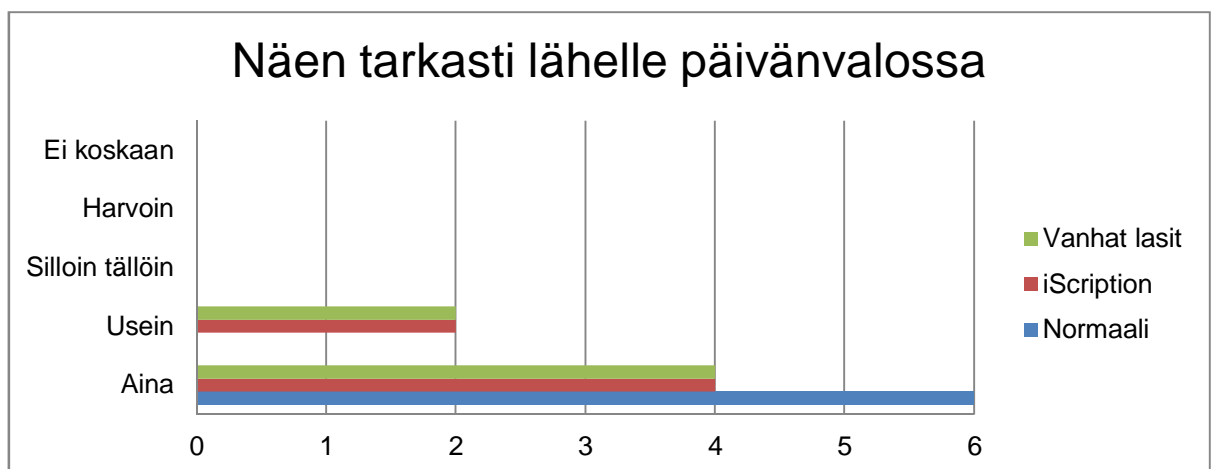
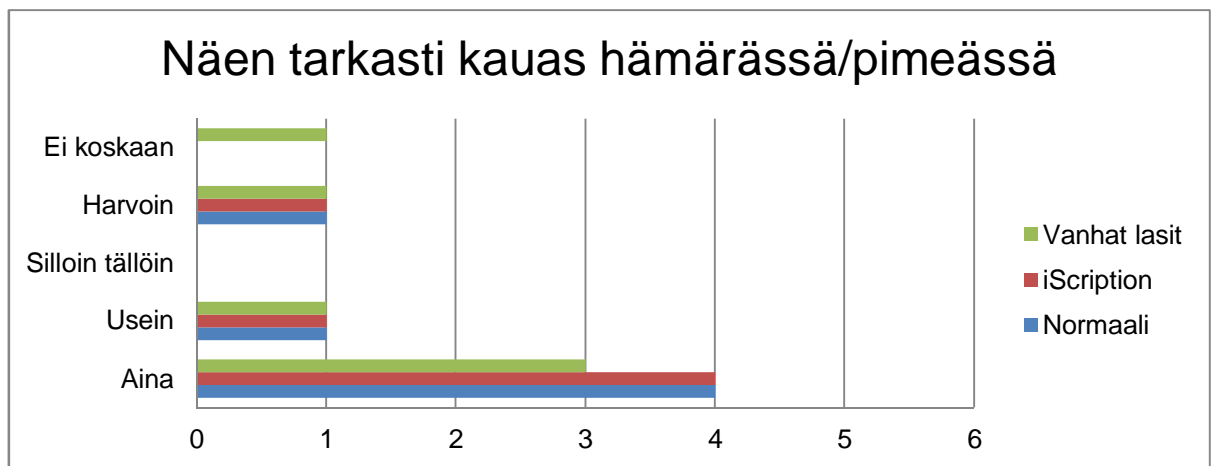
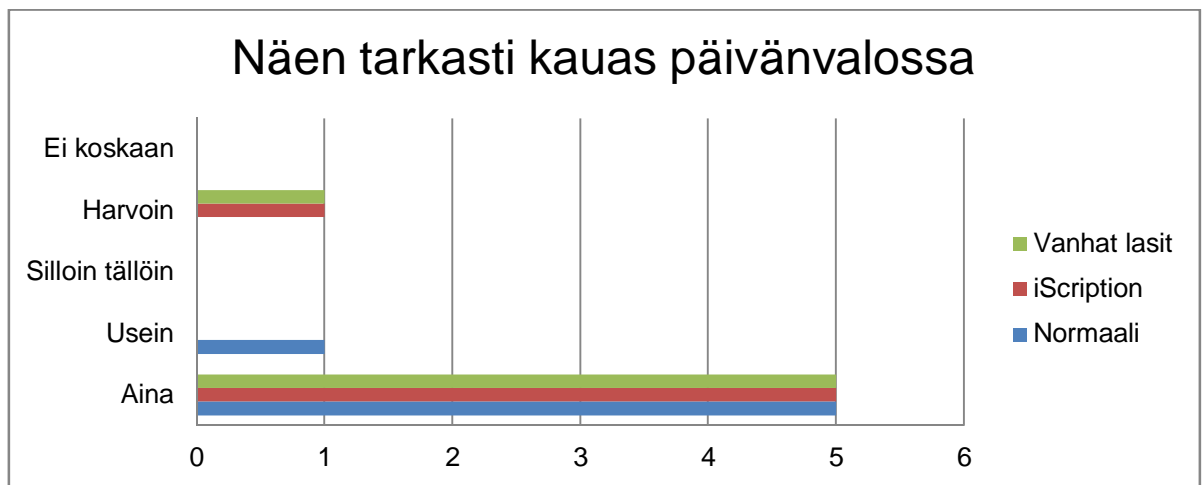
Näen (Tämä kohta täytetään vain jälkimmäisten testilinsien jälkeen.)

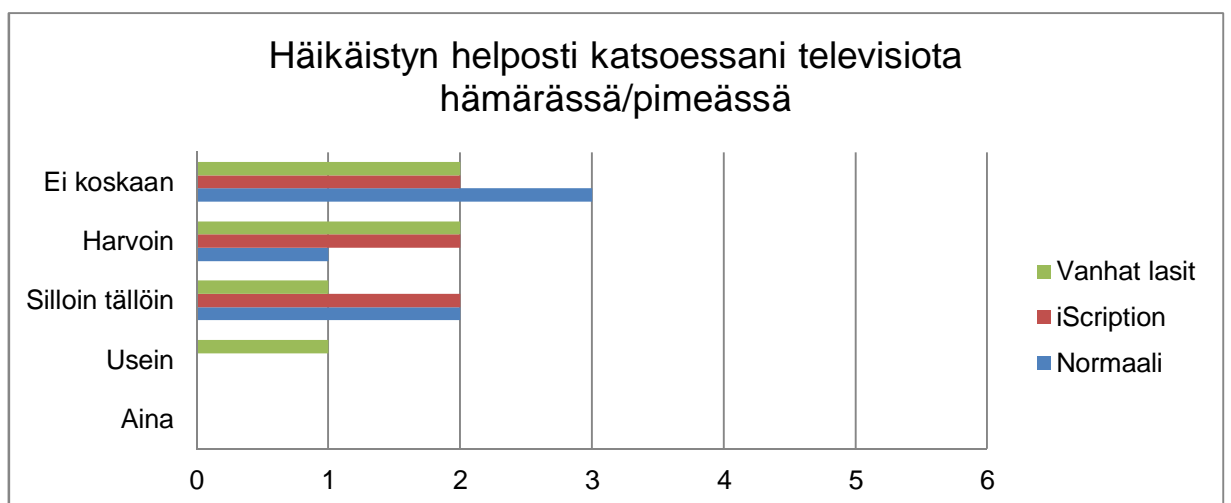
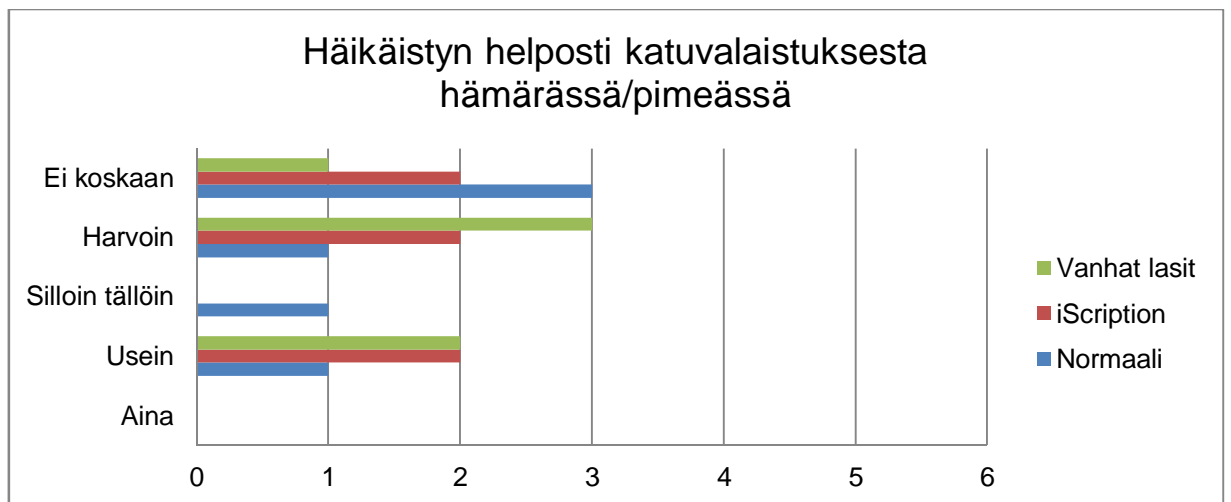
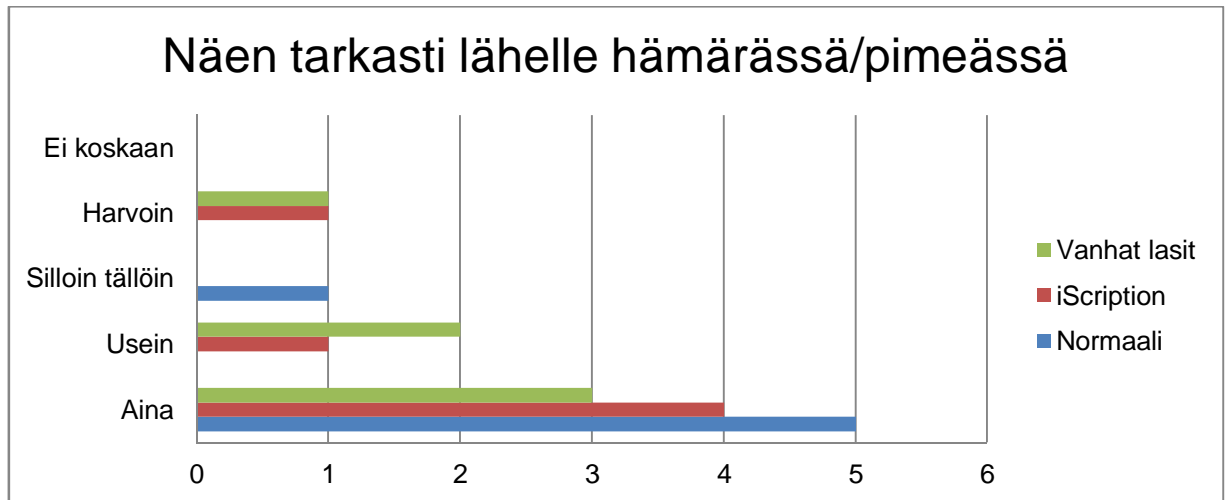
	Ensimmäisillä linseillä	Toisilla linseillä	Vanhoilla linseillä	Ei suurta eroa linssien välillä
miellyttävämmän	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
paremmin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
värit kirkaammin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
terävämmän	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

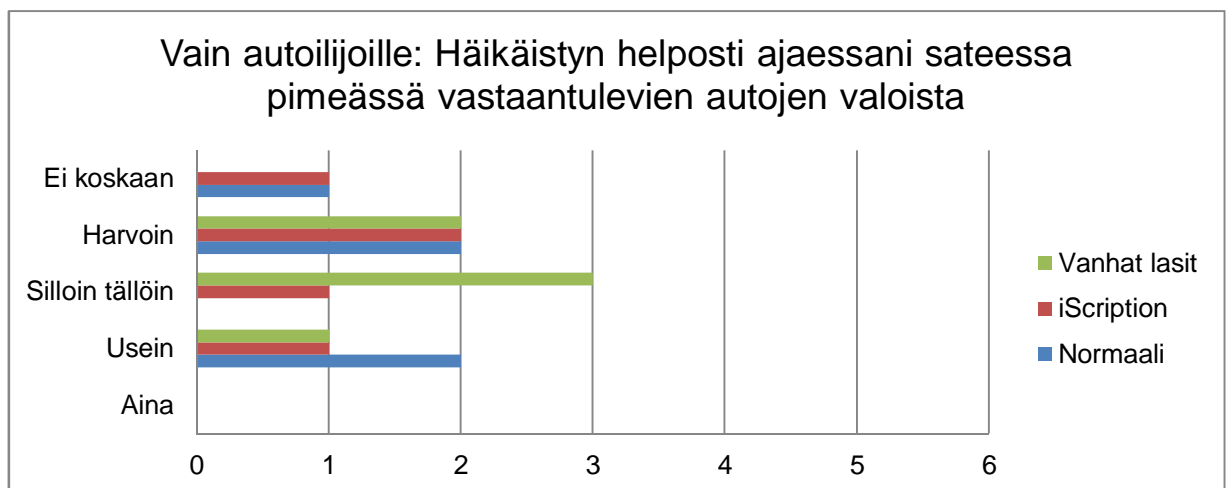
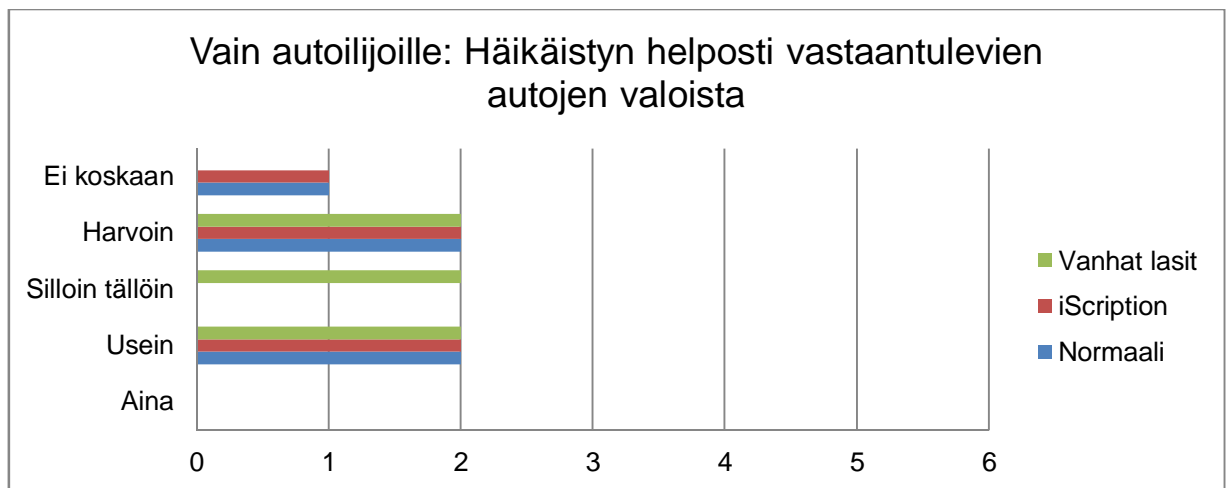
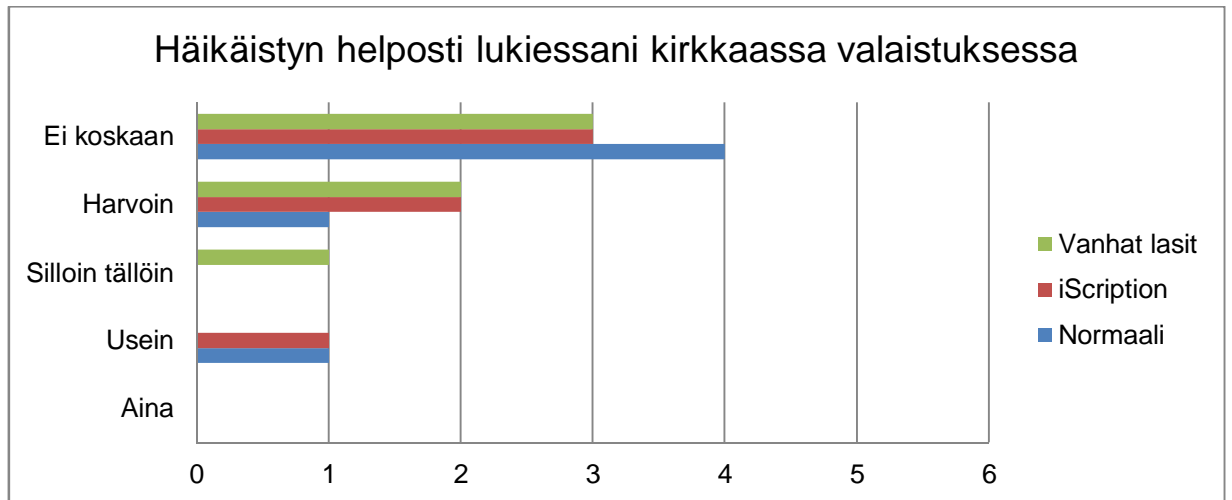
Muita kommentteja linseistä:

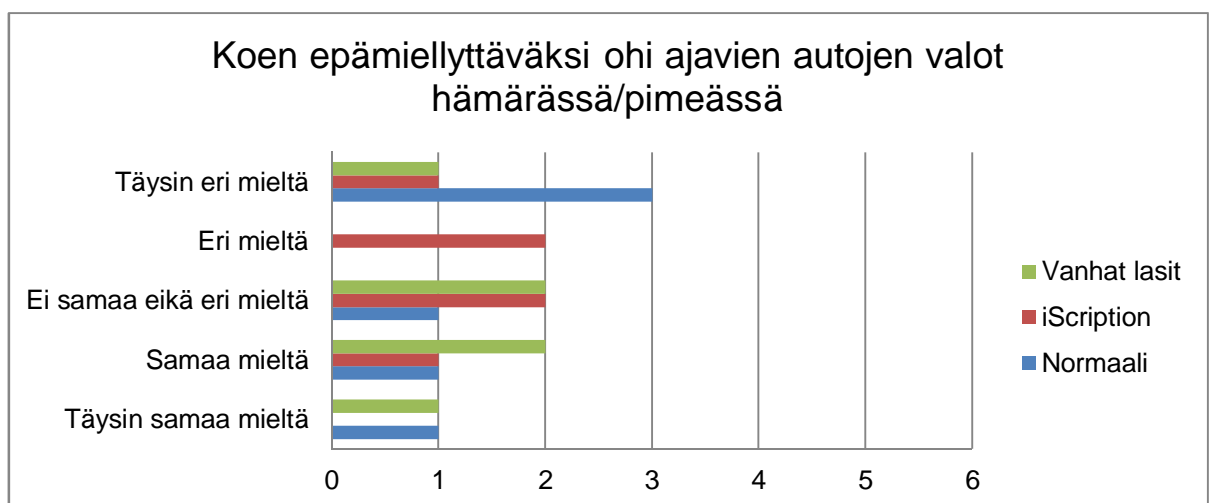
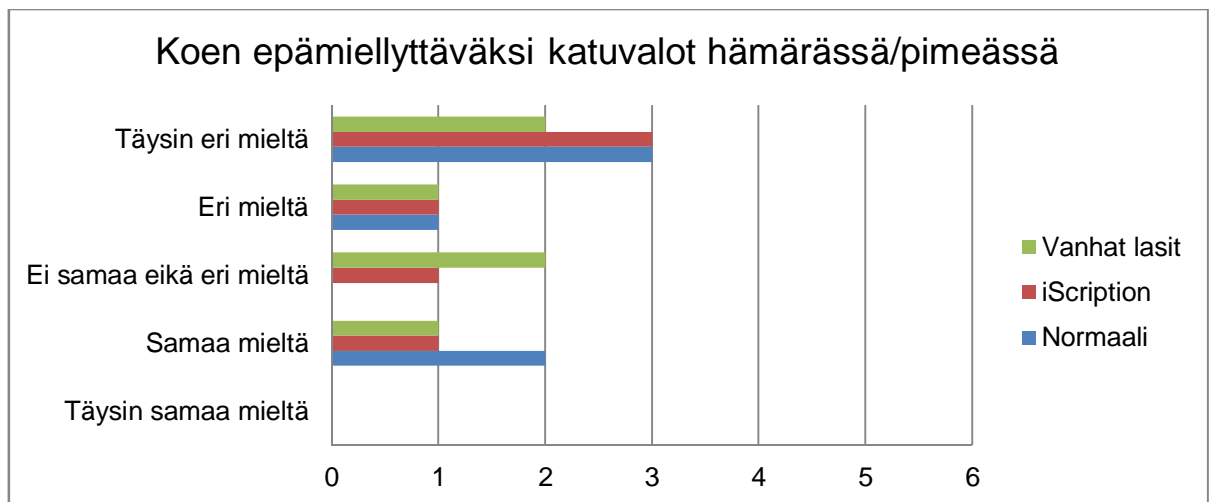
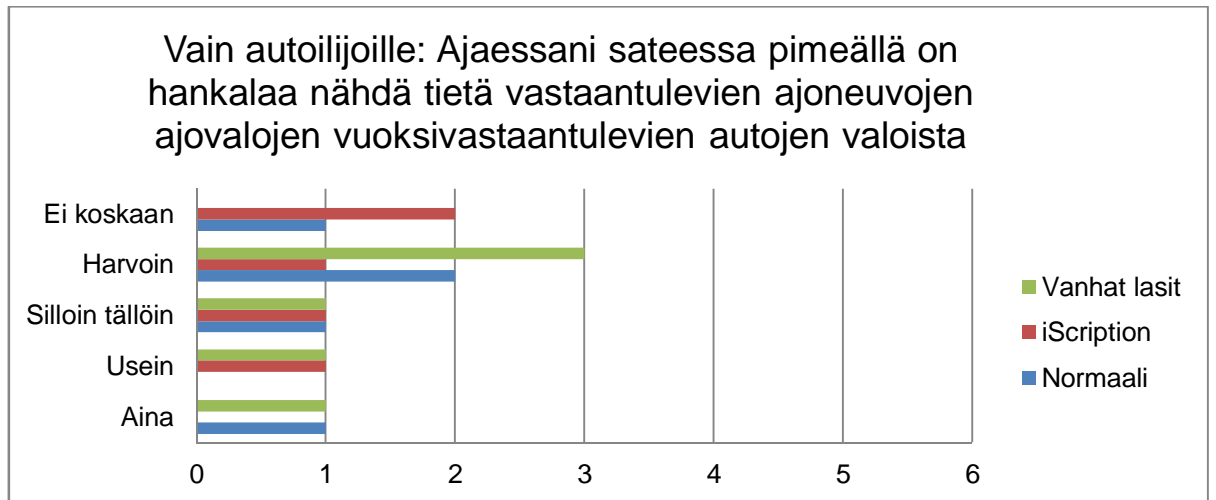
A large, empty rectangular text box with a thin black border. It features a vertical scrollbar on the right side and a horizontal scrollbar at the bottom, indicating it is a scrollable area for entering text.

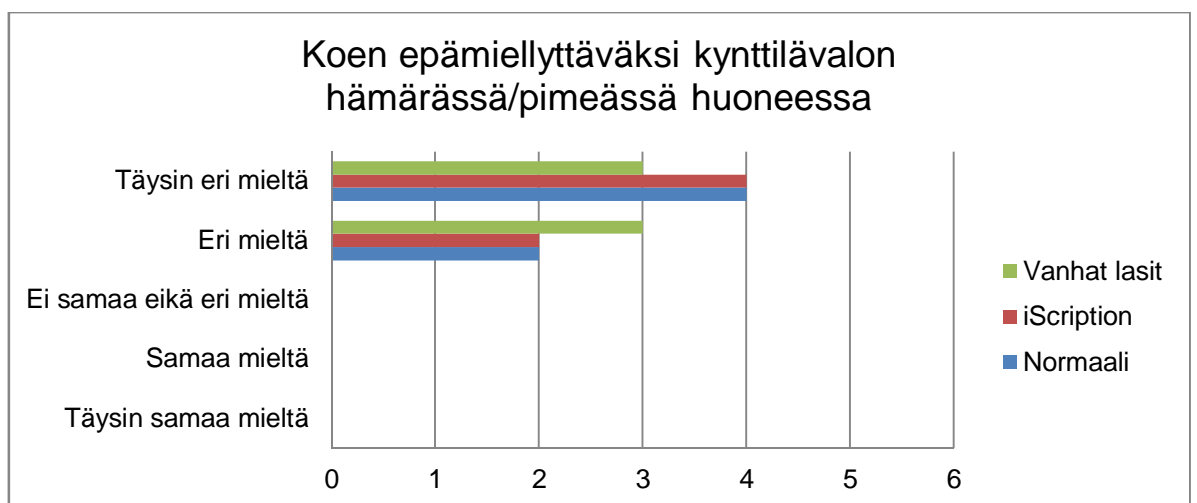
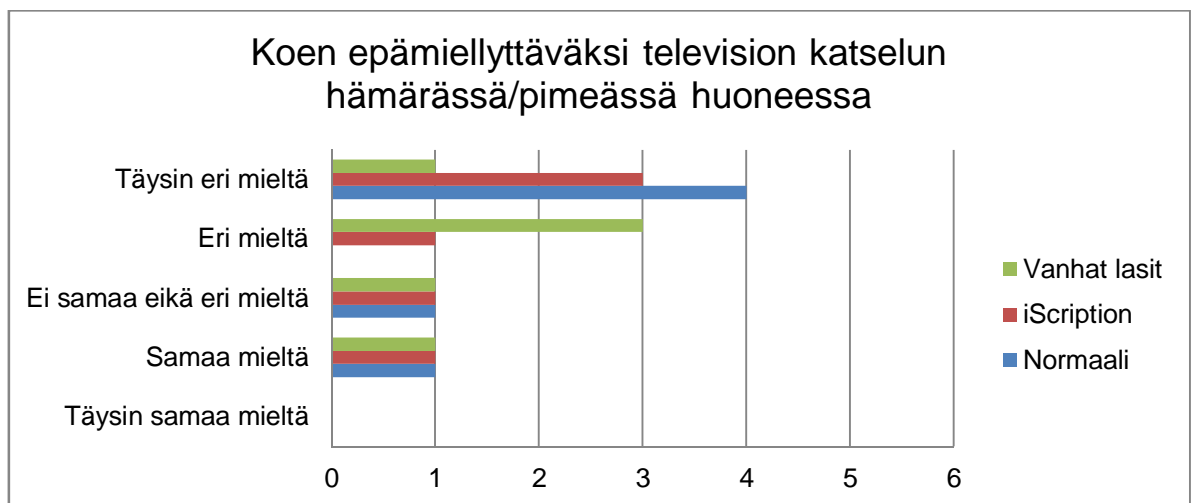
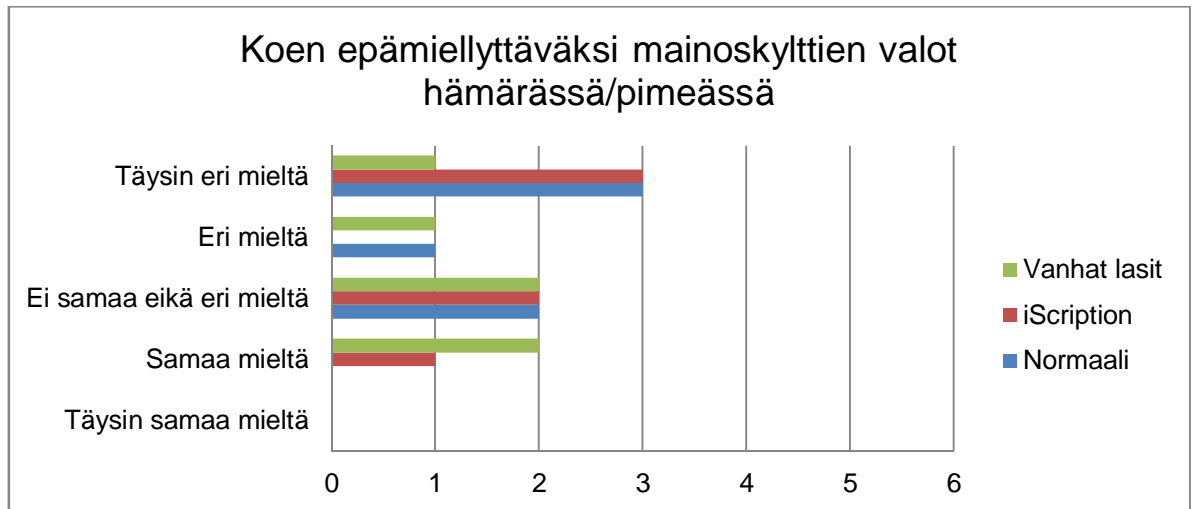
Kyselylomakkeen vastausten yhteenveto

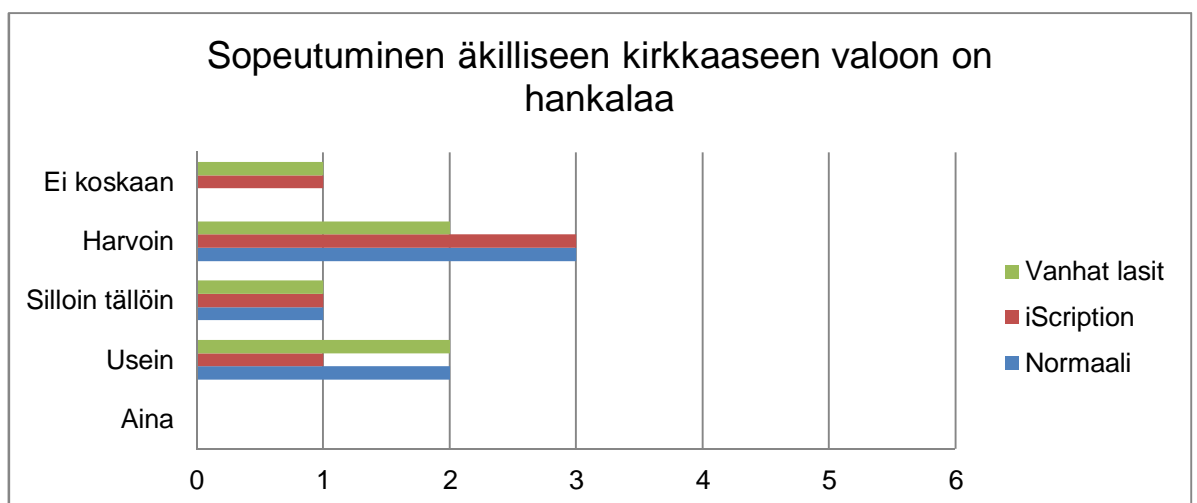
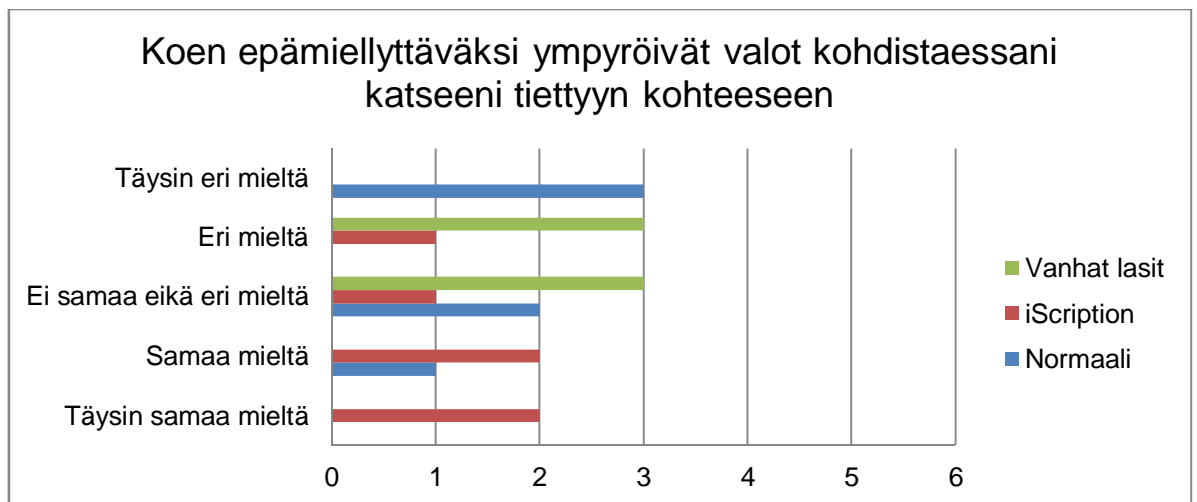
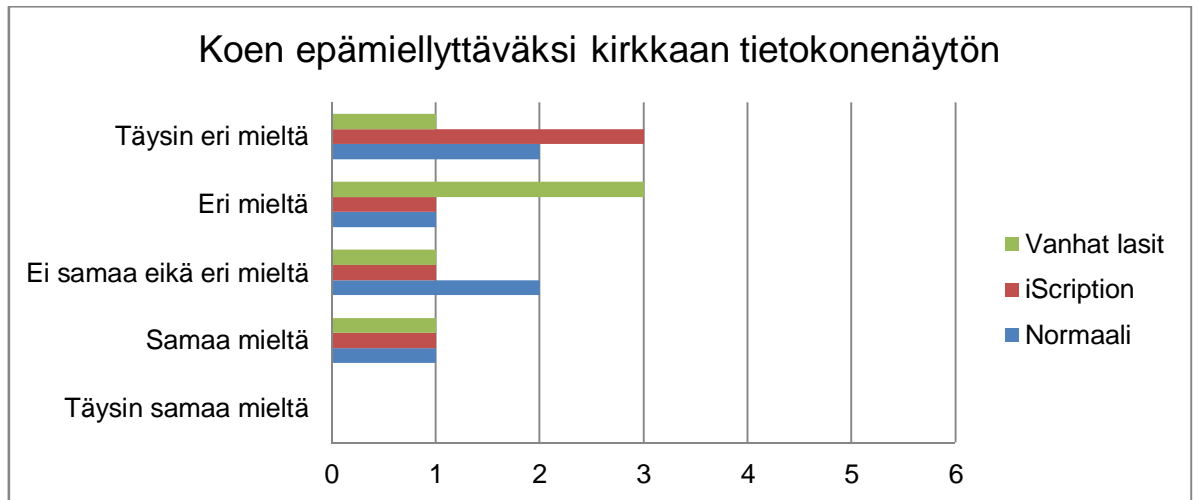


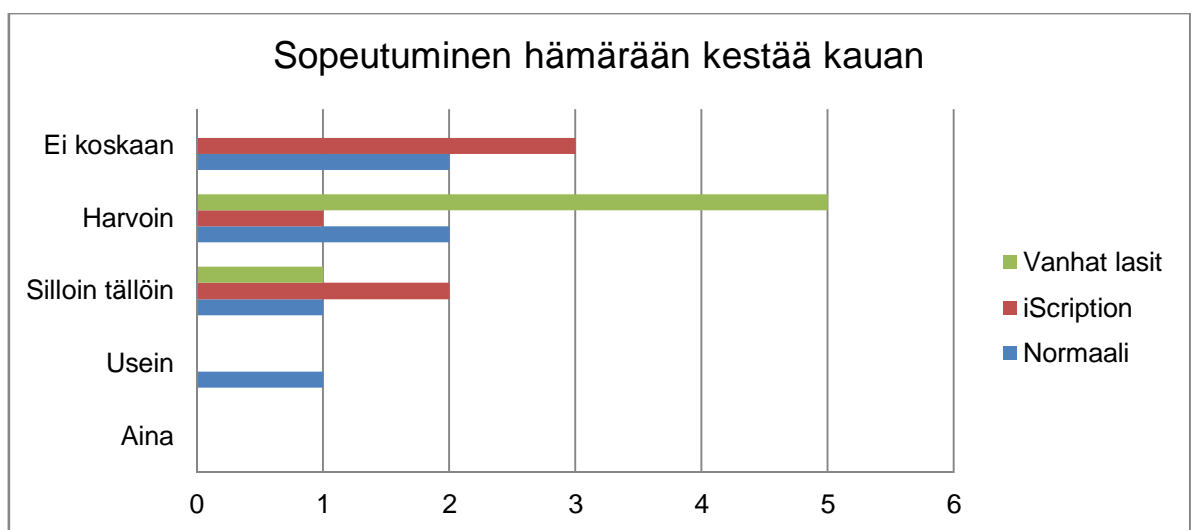
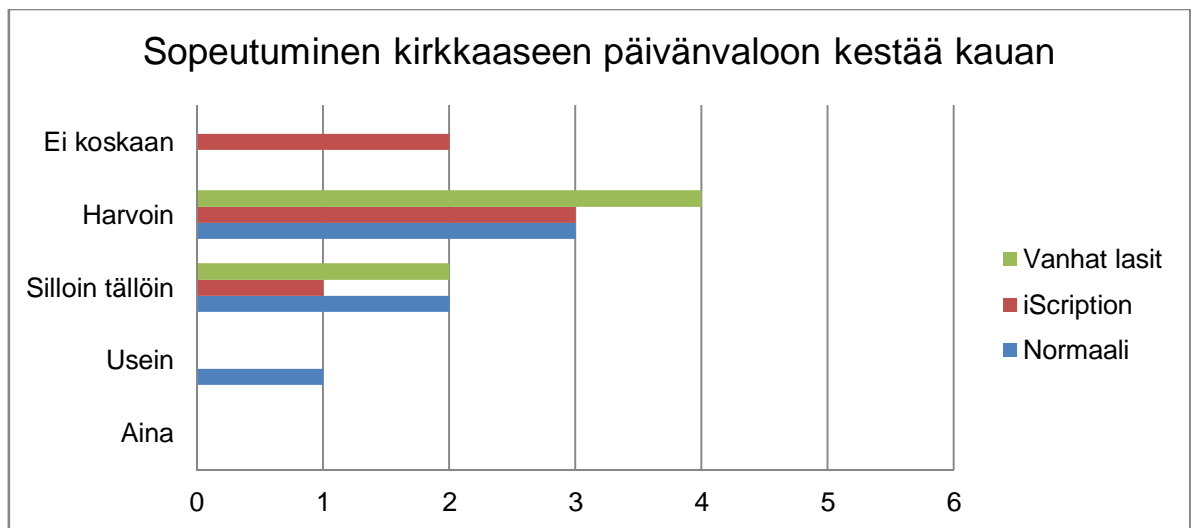
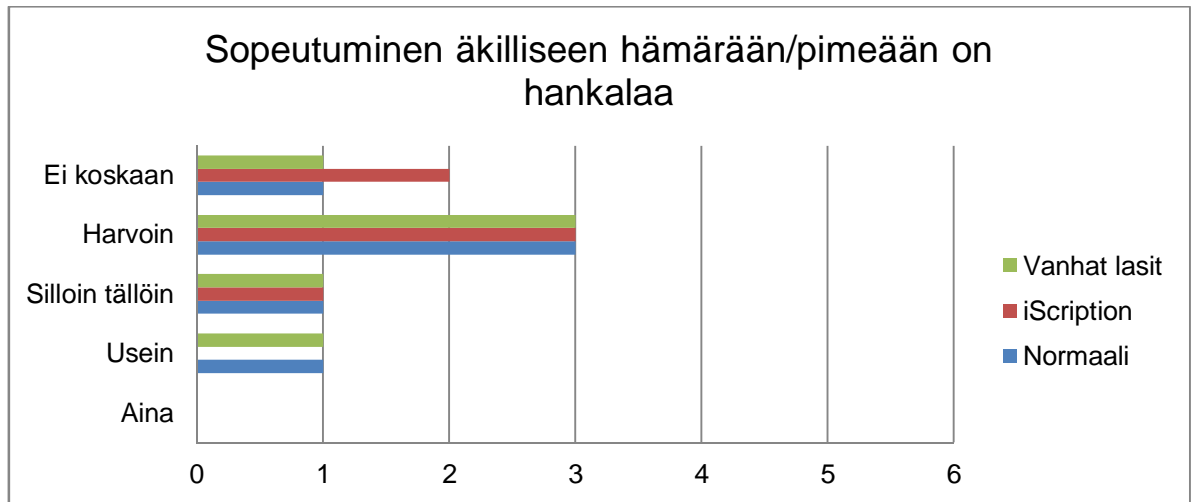


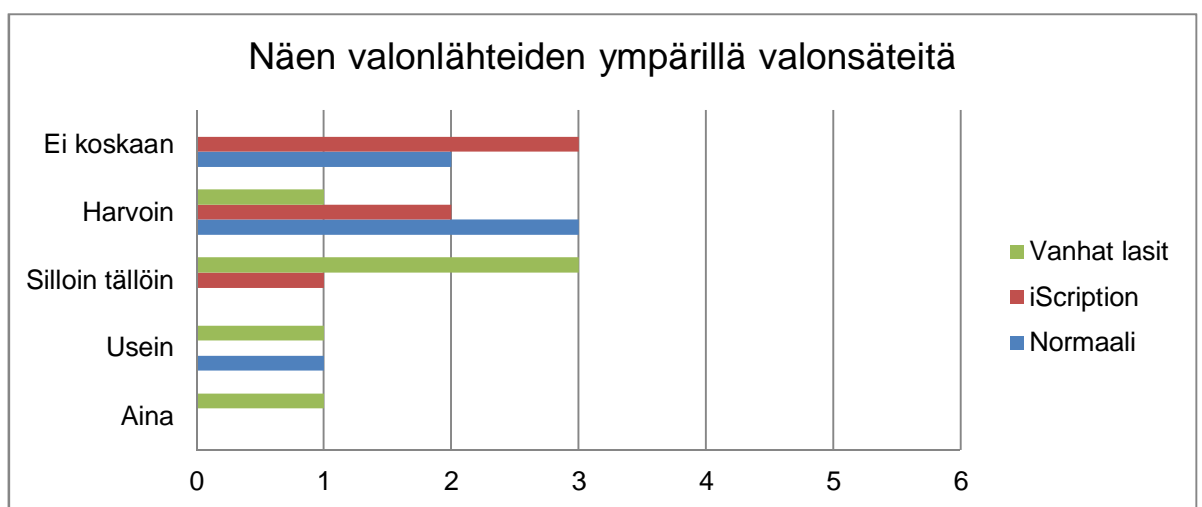
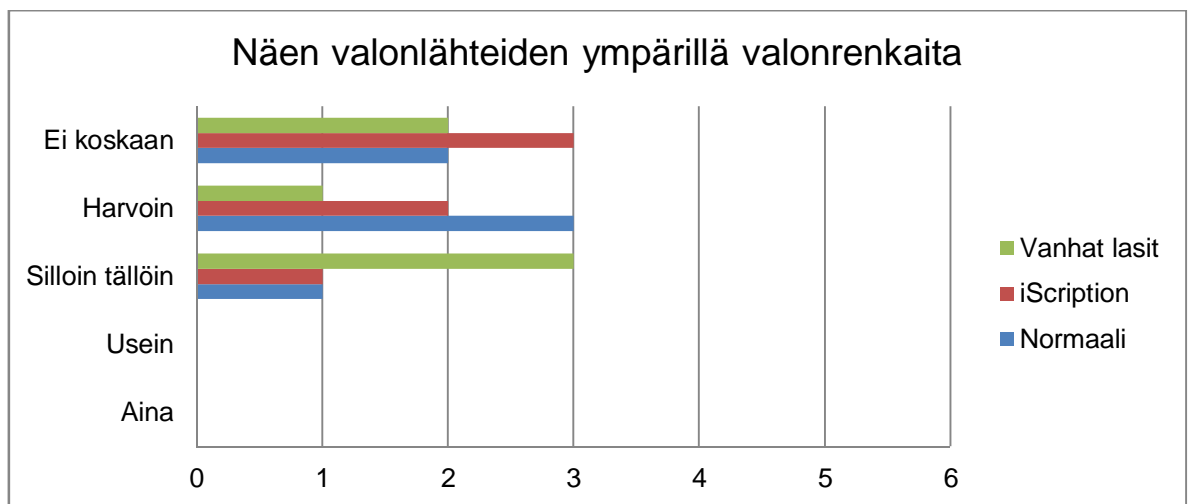
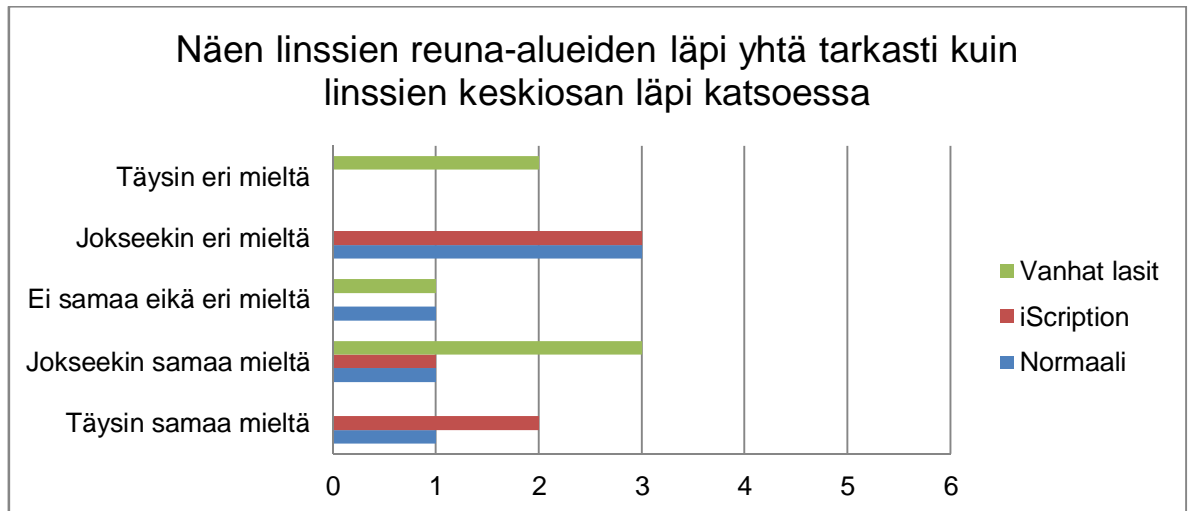


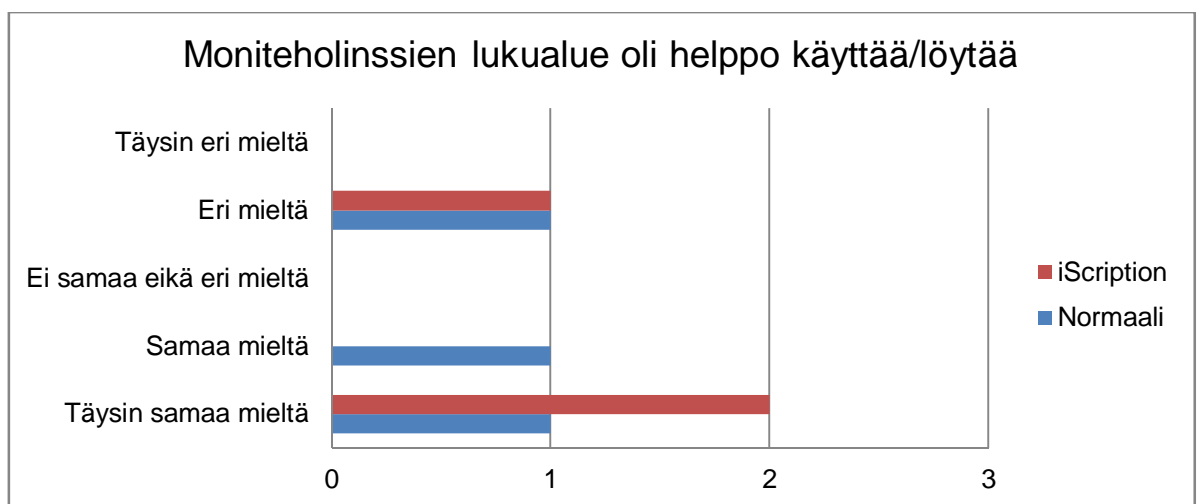
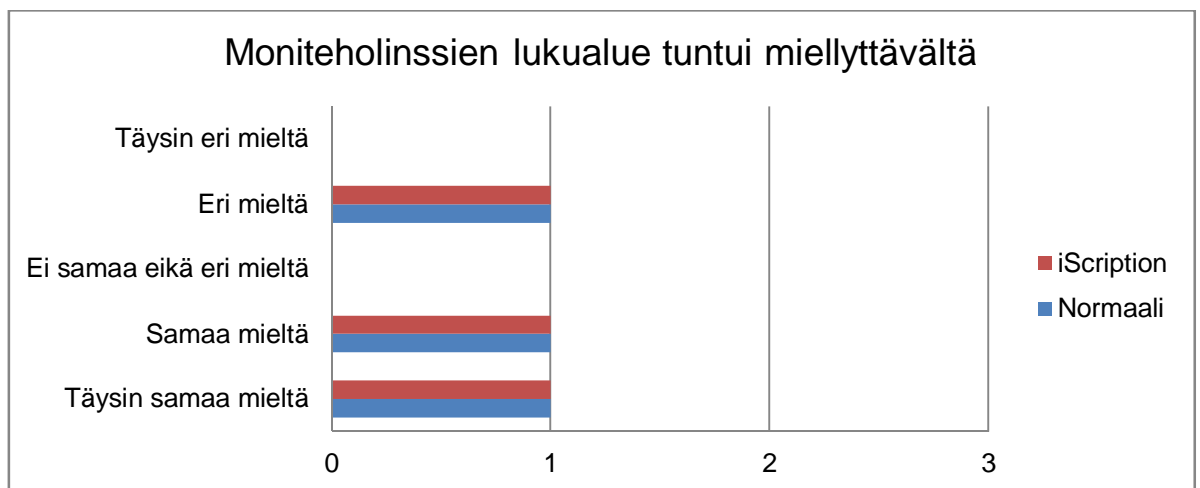
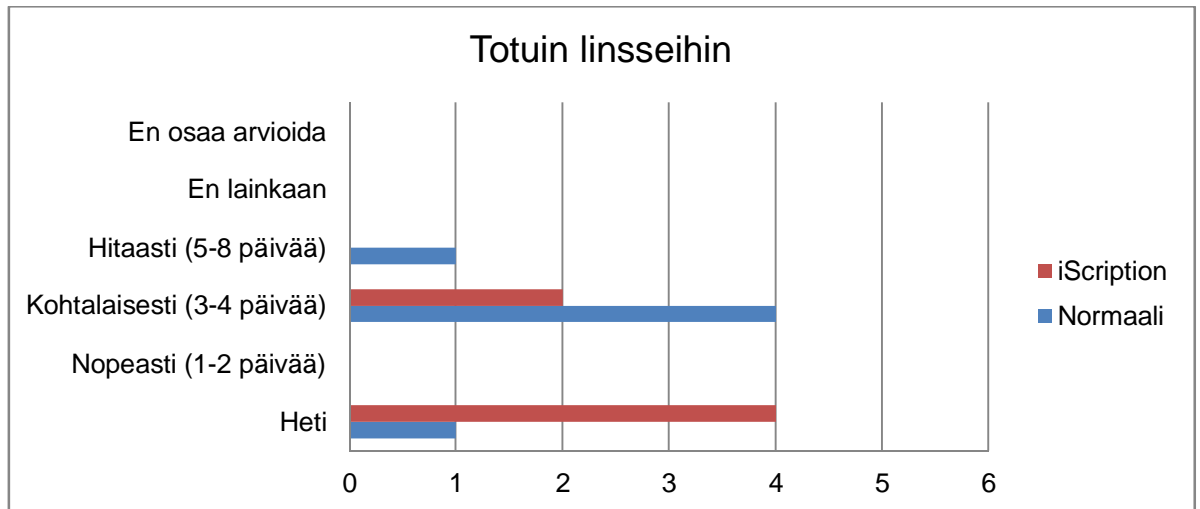


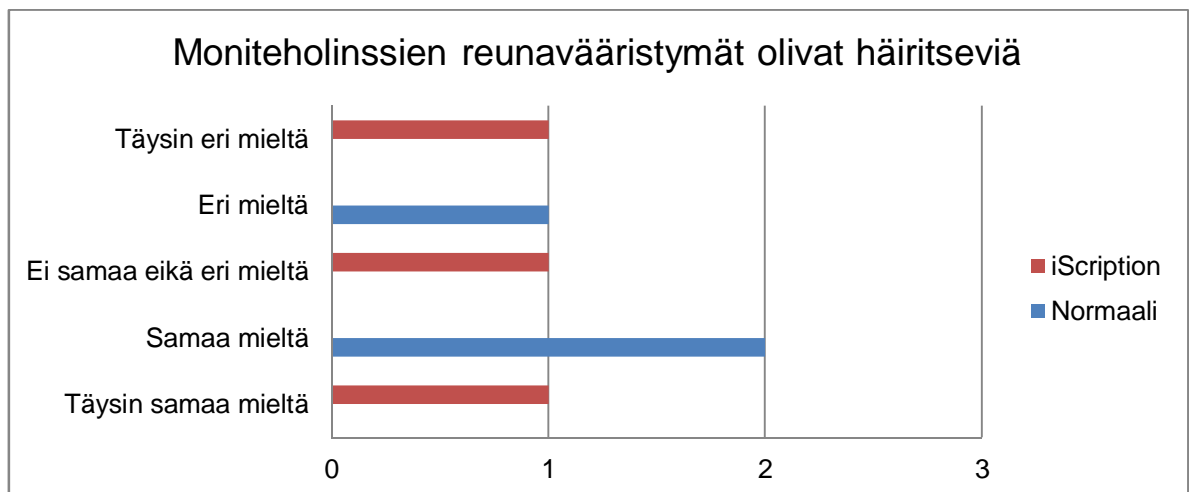
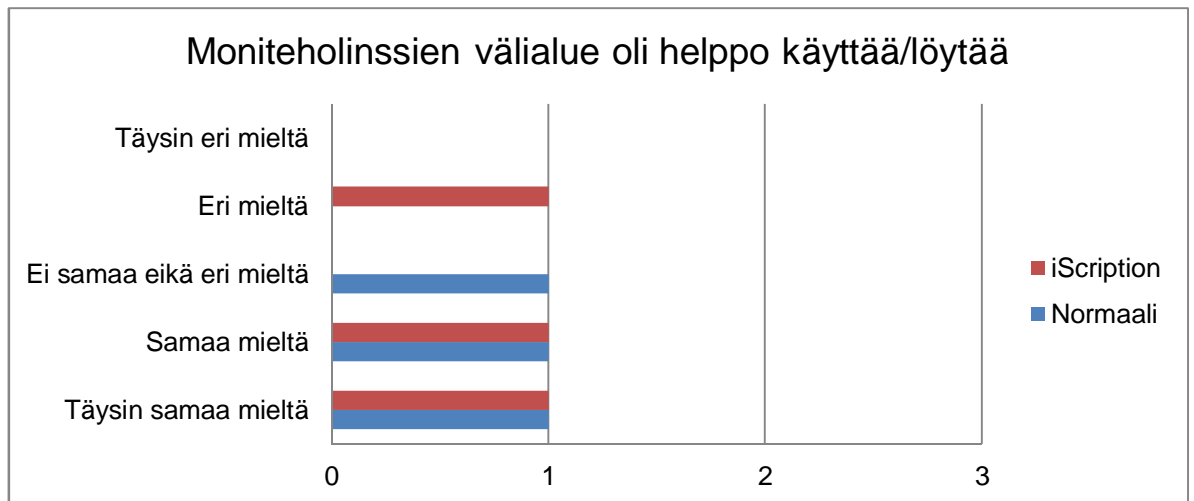
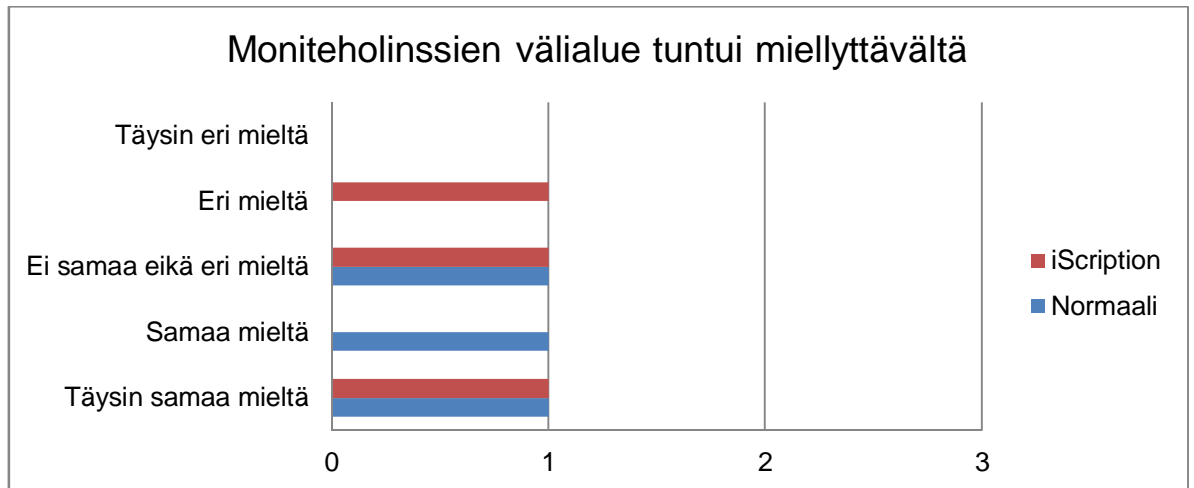


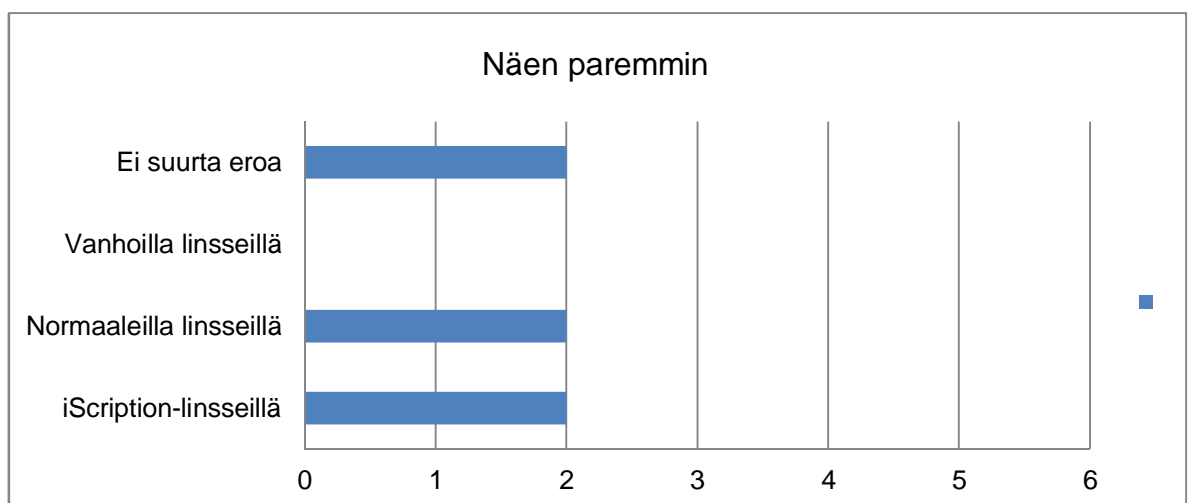
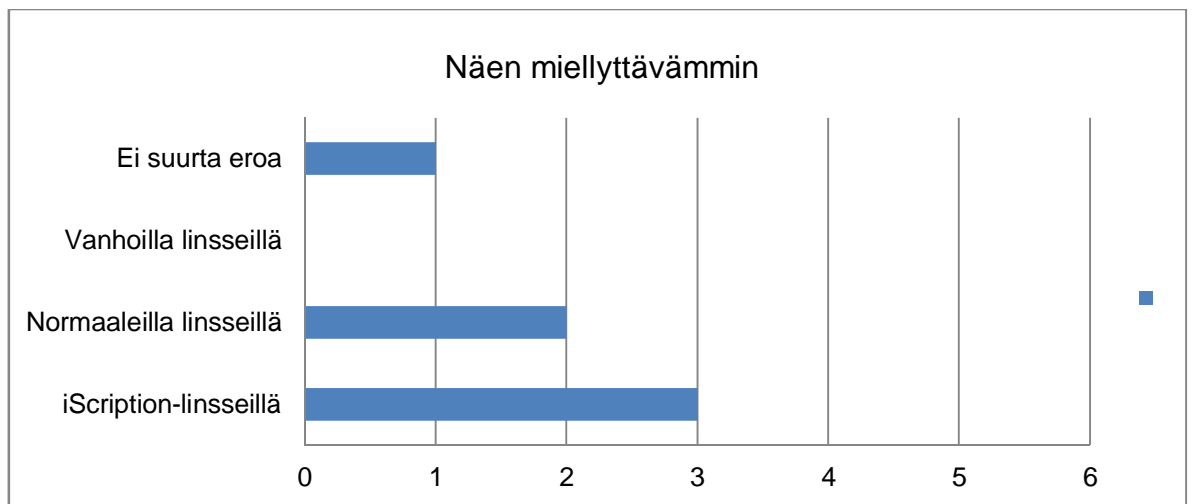
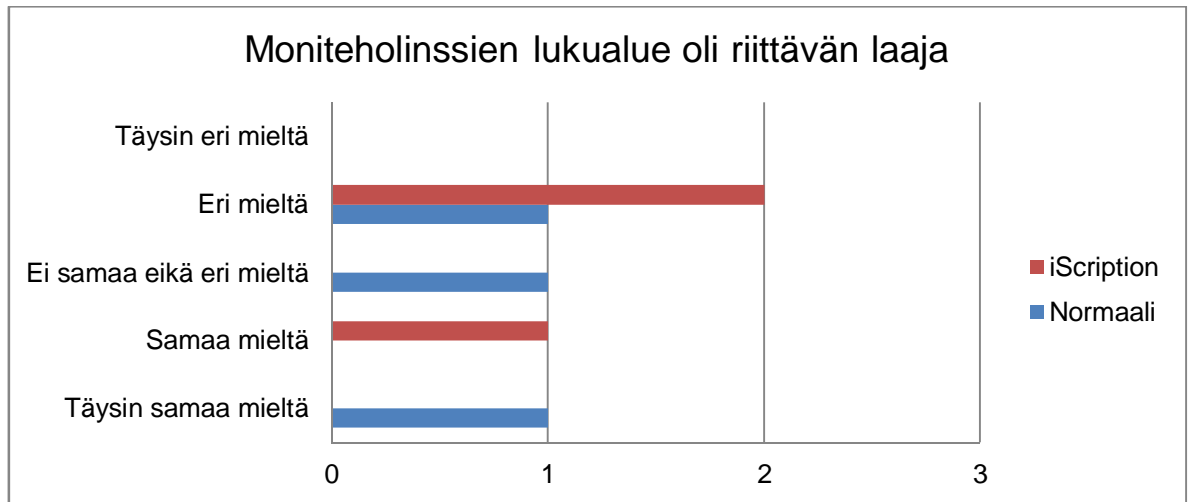


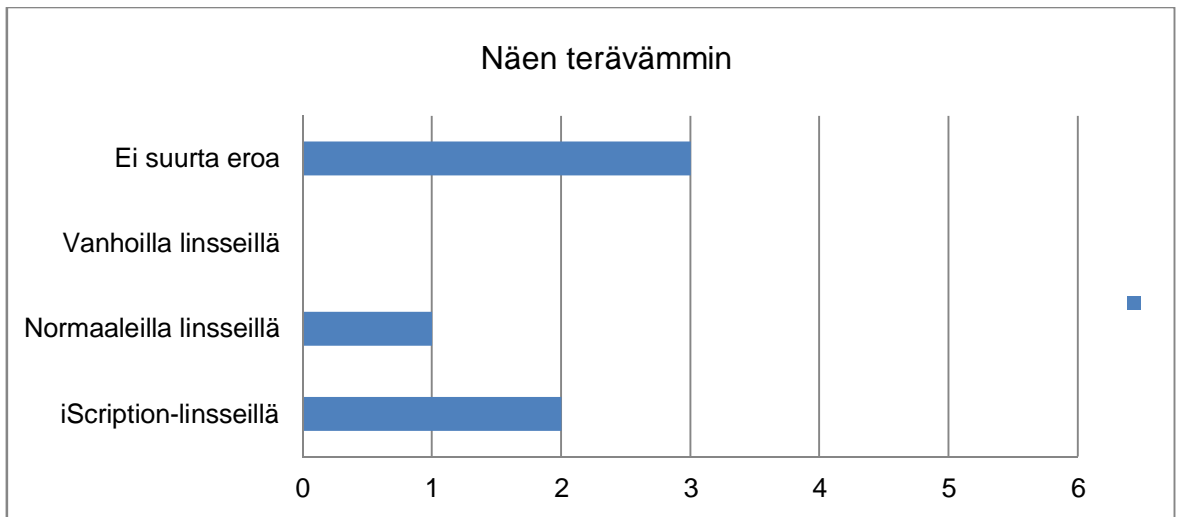
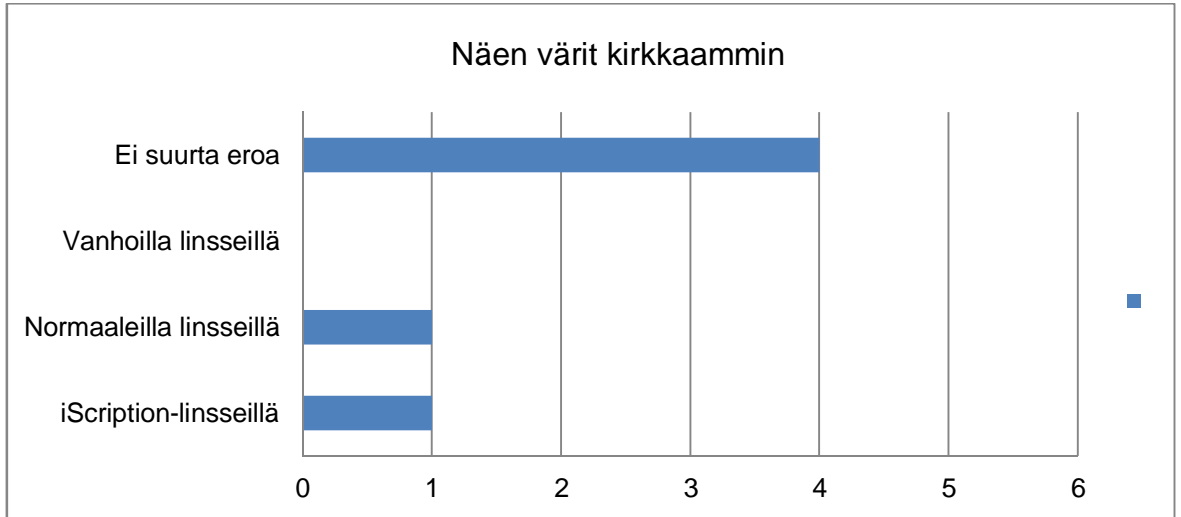












Avoimet kommentit tutkimushenkilöiltä

Henkilö A

Ennen tutkimuksen alkua

"Lukiessani kirkkaassa valaistuksessa": en juuri tuossa, mutta auringossa ulkona lukeminen kesäisin ei onnistu kovin hyvin, alkaa vesi valua silmistä kun kirkkaus on liiallinen. Sinällään teksti on toki tarkkaa, mutta sitä ei valon intensiteetin vuoksi vain pysty lukemaan. "ohi ajavien autojen valot hämärässä/pimeässä", en jos olen jalankulkija ja niitä ei seuraa tai katso kohti niin ei tuota ongelmaa/seurauksia, autoilleissa taas vastaantulijan unohtaessa tai laiskuuttaan jättäessä pitkät päälle (ja muutenkin täysin pimeällä vastaantulijan valot) ovat huomattava raskaus silmille.

"Sopeutuminen": suhteellista tämäkin, luultavasti sopeutumisajat ovat normaalit ja reaktiot näissä tilanteissa normaalit, toisaalta silmäni uskoakseni tavallista aremmat hyvin kirkkaalle päivänvalolle tai tunteja kestäväälle kirkkaan monitorin katselulle (varsinkin kirjoitettaessa tms. jossa koko ruudun tausta valkoinen eli ruudun keskimääräinen kirkkaus on korkeampi, esim. juuri äskeisen linssin reuna-alueiden "pikatestin" ja perään tämän kirjoittamisen jälkeen silmäni ovat selvästi rasittuneemmat kuin tavallisesti tietokoneella työskennellessäni). "Näen linssien reuna-alueiden läpi yhtä tarkasti kuin linssien keskiosan läpi katsottaessa."; vain keskellä ylhäällä yhteisnäöllä on varsin hyvä, muualla reuna-alueilla alkaa olemaan tukalaa tai melkein pä kivuliasta ja tarkkuus romahtaa joten niitä ei tule varsinaisesti käytettyä eli päätään saa enempi käänellä.

EDIT: "Näen valonlähteiden ympärillä - valonsäteitä": aina katsoessani ympäristöön verrattuna kirkasta (kontrasti) pistemäistä tai sellaiseksi tulkittavissa olevaa valonlähdettä. Eli hämärään huoneeseen taskulamppu lattialle, itse kirkkaaseen huoneeseen katsomaan pimeähkön huoneen ovesta sisään niin taskulampun valokeilasta lähtee valtavasti säteitä vaikka tuo vanha AA-Maglite nyt niin kirkas edes ole ja valokeilakin aika laakea. Toisaalta jääkaapin valo tai kirkas päivänvalo ikkunasta eivät aiheuta mitään valonsäteitä, sama kaihtimen reitistä tuleva valo ei aiheuta säteitä.

Edellinen siis muutos edelliseen versioon koska "aina" on väärin sanottu, vaikka ne tilanteet joissa sitä ilmeneekin ovat täysin toistettavissa ja siten niissä tilanteissa se esiintyy "aina".

Ensimmäiset testilinssit (yksilöllisesti mitoitettut + i.Scription)

Kirkas pistemäinen valo hämärässä ei aiheuta näillä linseillä minkäänlaista tähtikuviota, hyvin kevyt hunttu siroavaa valoa vain. Selvä parannus.

Keskialueen terävyys varsinkin kauas huikea, metriin tjsp. asti ei taida olla ero aiempaan, mutta 5-2000 metriin ero on erittäin selvä. Reuna-aleilla terävyys laskee aivan selvästi, ja suurin terävyys on aivan linssin keskellä. Toisaalta pehmeneminen tuosta sivullepäin ei tunnu rasittavalta ja terävyys reunoilla on kuitenkin selvästi aiempaa parempi. Normaalikäytössä aivan reuna-alueiden epäterävämpi kuva on silti riittävän terävä, jotta siihen ei tule kiinnittäneeksi erityistä huomiota. Aiempaan verrattuna kriteerit ovat tiukentuneet myös selvästi, sillä nyt kun keskialue on täysin terävä erot siihen ovat luonnollisesti selkeämmin havaittavissa.

Adaptoituminen: spherical -> aspherical aiheutti vähäistä kordinaatiotutttelua (alle tunti jonka jälkeen ei enää muutoksia), samoin varmasti voimakkuuden muutos (suurennussuhde muuttui). Terävyys oli keskellä hyvä välittömästi, muutenkin hyvin nopeasti.

Linssien asento on laseissa selvästi hyvin tarkalleen oikea, pienikin (n. 2 astetta?) kierto kummalla tahansa puolella suuntaan tai toiseen heikentää aivan selvästi tarkkuutta tässä monitorietäisyydellä. Eli hiomolle kiitokset, havaittavissa aivan selvää ammattitaitoa!

Toiset testilinssit (yksilöllisesti mitoitettut)

Säätilan muutos on tässä testijaksojen välissä ollut huomattava, eli ensimmäiset linssit testailin pilvisenä aikana ja vain lopussa oli pari aurinkoista päivää, nyt tilanne on ollut päinvastoin. Tällä on mahdollisesti ollut vaikutusta useampaankin alla olevaan asiaan. Monivalinnoissa ei pysty oikein eroja edes kuvailemaan, joten pyrin siihen sanallisesti.

Jälkimmäinen linssipari tuntui ensimmäistä kevyemmältä (ilmeisesti 1.67-materiaalia), en koko asiaa miettinyt tai edes muistanut ensimmäisen parin kohdalla lainkaan. Kromaattinen aberratio vaivasi alkuun jälkimmäisellä parilla linssien reunoilla todella vahvasti, mutta siihen tottui siten että nyt yläreuna on vienosti sinertävää taivaanrannassa tms. ja alareunan läpi sama kuusimetsän raja horisontista ei ole enää metsäpalossa vaan punertaa hieman. En huomannut tällaista ensimmäisellä parilla. Ja tosiaan tuosta 1.67-materiaalin Abbe-erosta johtuva värisiirtymä väheni kuitenkin muutamassa päivässä kohtuullisen vähäiseksi ja aisojen "lyhentämisen" jälkeen (tehty n. viikon käytön jälkeen) poistui lähes kokonaan. Pilvisellä säällä jälkimmäinen linssipari tuntui ulkona selvästi mukavammalta kuin kirkkaalla.

Vastaavasti geometriamuutokset linssien reuna-alueilla ovat olleet selviä alusta alkaen tällä toisella linssiparilla, eli vaikkapa linssin yläreunaan alueella puut tai lipputangot taipuilevat melkoisesti, mikä toki tällä voimakkuudella on realiteetti jossakin määrin. Tuohon ei enää kiinnitä huomiota, alkuun se vaivasi ajoittain ja varsinkin jos siihen alkoi kiinnittämään huomiota. Tuohonkaan en osannut ensimmäisen linssiparin kohdalla kiinnittää mitään huomiota. Kuitenkin tässä on mietityttänyt mikä merkitys on sillä kuinka paljon olen vain koneen ääressä ja kuinka paljon olen liikkunut ulkona ja katsellut enemmän kauas. Kahden viikon käytön jälkeen tällä toisella parilla linssien reuna-alueet ovat kohtuullisen tarkat siten, ettei niihin kiinnitä suuremmin huomiota. Pitäisi vertailla vuorotellen, jotta voisin varmasti sanoa olivatko ensimmäiset näitä paremmat kuten epäilen asian olevan. Reunat ovat "aivan hyvät", mutta eivät kyllä missään nimessä yhtä terävät kuin keskusta joka sekään ei tunnu yhtä terävältä kuin mielikuva ensimmäisestä linssiparista yhä on.

Yleensä adaptoituminen on ollut jälkimmäisellä parilla hitaampaa. Ne toimivat heti varsin hyvin, mutta koordinaatioasiat (geometriamuutokset ja sen myötä oma (liike)motoriikka) vaivasivat silti alkuun 2-3 päivää ja senkin jälkeen vielä hieman. Vastaavasti täyden tarkkuuden saavuttaminen näillä kesti pitkään, eli jos sitä pidetään adaptoitumisen rajana niin sitten näillä se kesti viikon tai 10 päivää, edellisillä sanoisin että 2-3 päivän jälkeen tuskin tuli suuria parannuksia enää. Toisaalta jälkimmäisen parin kohdalla aisoja piti hieman suoristaa lisää vielä n. 9 pv kohdalla jonka jälkeen tilanne parani, ensimmäisellä parilla ainoa (vastaava) muutos oli aivan käytön alussa.

Jälkimmäisen parin kohdalla tunnelista auringonvaloon ajaessa selvää räsitusta, kirkkaaseen auringonpaisteeseen mennessä silmät valuvat, monitorin katsominen 5 pv kohdalla (7.5.) aiheutti vasemman silmän nykimistä ("elohiiri") yhtenä päivänä kahteen otteeseen (klo 14:30 ja 16:20, 2-3 minuuttia kerrallaan), illemmalla vasemmalla silmässä lievää juuri ja juuri havaittavaa mutta toistuvaa kipua. Vastaavaa ongelmaa ei ole edellisillä laseillani ollut muistaakseni, eli noin vuoteen eikä ensimmäisillä testilinsseillä myöskään kertaakaan. Olin tavallista väsyneempi kyseisenä päivänä, millä on varmasti ollut vaikutusta asiaan ja kuten mainittua, tuon jälkeen tein muutoksia kahteen otteeseen linssien asemaan aisoja suoristamalla (linssien välinen kulma kasvaa päältä katsottuna) ja pituutta ehkä n. millin tjsp. lyhyemmäksi taivuttamalla jolloin linsit siirtyivät lähemmäksi silmää (niin lähelle kuin on mahdollista ilman, että silmäripset tuntuvat osuvan linsseihin; nytkin osumia on ajoittain eli ripsien jättämät raidat linseissä puhdistettava pari kertaa päivässä).

Jälkimmäisellä linssiparilla puuttuu näöstä tietty viimeinen terävyys, ja matalakontrastisella se putoaa ilmeisesti varsin nopeasti. Eli mustat oksat taivasta vasten ovat teräviä, mutta kauempana ne ovat helpommin jo hentoja ja epäterävämpiä. Tarkkuudesta puuttuu täysin tietty "rapeus" mitä edellisellä linssiparilla tuntui olevan. Voisi sanoa että tarkkuus on jotenkin erilainen, mutta varsin korkea kauaskin kunhan katsottavan kohteen kontrasti on riittävän korkea. Aurinko on paistanut nyt useammin kirkkaasti, mutta toisaalta en muista kertaakaan vastaavalla tavalla rasittuneeni ensimmäisellä linssiparilla kuin nyt jokainen kerta kirkkaassa auringonvalossa. Ja oli edellisenkin linssiparin testijaksolla ne pari aurinkoista päivää. Vastaavasti jälkimmäisellä linssiparilla monitorityöskentely on ajoittain ollut silmiä rasittavaa ja luullakseni myös väsyttävämpää.

Jälkimmäinen linssipari tuntuu vaativan suuremman kontrastin terävään näkemiseen kun ensimmäinen. Värien kirkkaudessa en ole huomannut koko aikana mitään erityisen erikoista, ainoa yksittäinen asiaan liittyvä ajatus taisi olla sateen jälkeen ensimmäisellä linssiparilla alle 1h käytön kohdalla kun ruosteinen viemärinkansi tuntui hohottavan ruskean ja oranssin sävyjä vaikka sää oli tasaisen pilvinen.

Henkilö B

Toiset testilinsit (yksilölliset mitoitus + i.Scription)

Ensimmäisiin linssihin kesti kauemmin tottua, koska en ollut aikaisemmin käyttänyt laseja päivittäin. Myös lähelle katsominen ensimmäisten linssien kanssa tuntui alkuun oudolta, mutta tähän tottui ajan kanssa. Toisien linssien kanssa lähelle katsominen laseilla ei ole ollut ongelmallista ja muutenkin linssihin tottui heti. Jos lasit ottaa pois pitkän päivän jälkeen, tuntuu rasittavalta ja aristavalta katsoa sekä lähelle että pitkälle.

Henkilö C

Ensimmäiset testilinsit (yksilöllisesti mitoitettut)

Silmälaseihin tottumiseen meni 3-4 päivää. Tuntui aluksi siltä, että silmät katsovat ristiin ja että lasit olisivat liian lähellä kasvoja, kunnes totuin linssihin.

Toiset testilinsit (yksilöllisesti mitoitettut + i.Scription)

Linssien reuna-alueille heijastui kirkkaampia kohteita joskus, esim selän takana oleva ikkuna. Tuntui, että näin tapahtui useammin oikealle puolelle kun vasemmalle.

Henkilö E

Toiset testilinssit (yksilöllisesti mitoitettut + i.Scription)

Häikäistyn autoillessa helposti pimeänä vuodenaikana ja tämän testaaminen oli nyt valoisa-
na vuodenaikana vaikeaa. Koska näen kauas ilman korjaustakin, testasin eräänä yönä au-
tossa istuessani linssejä. Huomasin, että linssien läpi katsellessa katuvalojen ympärillä ei
ollut samanlaisia renkaita kuin ilman linssejä.
Linssien arvioiminen oli vaikeaa myös siksi, että voimakkuuteen tuli sekä kauas että lähelle
pieni muutos, joka välillä sumensi etenkin kauas. Lähialue tuntui edellisiin laseihini verrattu-
na kapealta ja reunavääristymät häiritseviltä. Tuntui, että päätä piti käännellä enemmän kuin
vanhoilla laseillani.

Henkilö F

Ensimmäiset testilinssit (yksilöllisesti mitoitettut + i.Scription)

Tuntuivat heti hyviltä, ja paremmilta kuin vanhat lasini. Vanhoissa laseissani samat tehot,
mutta pieni prisma.

Toiset testilinssit (yksilöllisesti mitoitettut)

Jo ensimmäiset linssit tuntuivat todella hyviltä. Erityisesti lukualue oli merkittävästi parempi
kuin vanhoilla linsseillä. Jotenkin toiset linssit olivat vielä paremmat. Sitä on vaikea kuvata.
Näillä linsseillä pystyn jopa jonkin aikaa tekemään työtä tietokonepääteellä.

Näöntarkkuus eri kontrastiarvoilla

Henkilö A	lähtötilanne	1-teho
Kontrasti	Visus dec	Visus logMAR
100 %	1,43	-0,16
50 %	1,31	-0,12
25 %	1,20	-0,08
12 %	1,16	-0,06
6 %	0,93	+ 0,03

Henkilö A	1. testilinssit (yksilölliset + i.Scription)	1-teho
Kontrasti	Visus dec	Visus logMAR
100 %	2,01	-0,30
50 %	1,67	-0,22
25 %	1,48	- 0,17
12 %	1,3	-0,11
6 %	1,05	-0,02

Henkilö A	2. testilinssit (yksilölliset)	1-teho
Kontrasti	Visus dec	Visus logMAR
100 %	1,41	-0,15
50 %	1,51	-0,18
25 %	1,21	-0,08
12 %	1,04	-0,02
6 %	0,63	+0,20

Henkilö B	lähtötilanne	1-teho
Kontrasti	Visus dec	Visus logMAR
100 %	1,01	-0,004
50 %	0,92	+0,04
25 %	0,85	+0,07
12 %	0,84	+0,08
6 %	0,33	+0,48

Henkilö B	1. testilinssit (yksilölliset)	1-teho
Kontrasti	Visus dec	Visus logMAR
100 %	1,48	-0,17
50 %	1,32	-0,12
25 %	1,32	-0,12
12 %	1,16	-0,06
6 %	0,88	+0,06

Henkilö B	2. testilinssit (yksilölliset + i.Scription)	1-teho
Kontrasti	Visus dec	Visus logMAR
100 %	1.53	-0.18
50 %	1.3	-0.11
25 %	1.22	-0.09
12 %	1.06	-0.03
6 %	0.85	+0.07

Henkilö C	lähtötilanne	1-teho
Kontrasti	Visus dec	Visus logMAR
100 %	1,22	-0,09
50 %	1,1	-0,04
25 %	1,04	-0,02
12 %	0,83	+0,08
6 %	0,61	+0,21

Henkilö C	1.testilinssit (yksilölliset)	1-teho
Kontrasti	Visus dec	Visus logMAR
100 %	1,27	-0,10
50 %	1,26	-0,10
25 %	1,23	-0,09
12 %	1,05	-0,02
6 %	0,77	+0,11

Henkilö C	2.testilinssit (yksilölliset + i.Scription)	1-teho
Kontrasti	Visus dec	Visus logMAR
100 %	1,22	-0,09
50 %	1,05	-0,02
25 %	1,03	-0,01
12 %	0,72	+0,14
6 %	0,64	+0,19

Henkilö D	lähtötilanne	moniteho
Kontrasti	Visus dec	Visus logMAR
100 %	0,82	+0,09
50 %	0,80	+0,10
25 %	0,79	+0,10
12 %	0,59	+0,23
6 %	0,4	+0,40

Henkilö D	1. testilinssit (yksilölliset + i.Scription)	moniteho
Kontrasti	Visus dec	Visus logMAR
100 %	1,08	-0,03
50 %	0,76	+0,12
25 %	0,70	+0,15
12 %	0,67	+0,17
6 %	0,50	+0,30

Henkilö D	2. testilinssit (yksilölliset)	moniteho
Kontrasti	Visus dec	Visus logMAR
100 %	1.02	-0.01
50 %	0.91	+0.04
25 %	0.81	+0.09
12 %	0.64	+0.19
6 %	0.56	+0.25

Henkilö E	lähtötilanne	moniteho
Kontrasti	Visus dec	Visus logMAR
100 %	1,29	-0,11
50 %	1,25	-0,10
25 %	1,12	-0,05
12 %	0,87	+0,06
6 %	0,67	+0,17

Henkilö E	1. testilinssit (yksilölliset)	moniteho
Kontrasti	Visus dec	Visus logMAR
100 %	1,35	-0,13
50 %	1,19	-0,08
25 %	1,11	-0,05
12 %	0,84	+0,08
6 %	0,67	+0,17

Henkilö E	2. testilinssit (yksilölliset + i.Scription)	moniteho
Kontrasti	Visus dec	Visus logMAR
100 %	1,54	-0,19
50 %	1,44	-0,16
25 %	1,24	-0,09
12 %	1,07	-0,03
6 %	0,79	+0,10

Henkilö F	lähtötilanne	moniteho
Kontrasti	Visus dec	Visus logMAR
100 %	1,29	-0,11
50 %	1,02	-0,01
25 %	0,78	+0,11
12 %	0,59	+0,23
6 %	0,41	+0,39

Henkilö F	1. testilinssit (yksilölliset + i.Scription)	moniteho
Kontrasti	Visus dec	Visus logMAR
100 %	1.38	-0.14
50 %	1.25	-0.10
25 %	1.1	-0.04
12 %	0.9	+0.05
6 %	0.7	+0.15

Henkilö F	2. testilinssit (yksilölliset)	moniteho
Kontrasti	Visus dec	Visus logMAR
100 %	1.56	-0.19
50 %	1.29	-0.11
25 %	1.23	-0.09
12 %	0.9	+0.05
6 %	0.75	+0.12