



## TULEVAISUUDEN NÄYTTÖRATKAISUT



Centria. Raportteja ja selvityksiä, 1

Ossi Saukko & Sakari Nokela

# **TULEVAISUUDEN NÄYTTÖRATKAISUT**

Centria-ammattikorkeakoulu 2015

**JULKAISIJA:**

Centria-ammattikorkeakoulu  
Talonpojankatu 2, 67100 Kokkola

**JAKELU:**

Centria kirjasto- ja tietopalvelu  
kirjasto.kokkola@centria.fi, p. 040 808 5102

Taitto: Centria-ammattikorkeakoulun markkinointi- ja viestintäpalvelut  
Kannen kuva: Windell Oskay 2007

Centria. Raportteja ja selvityksiä, 1  
ISBN 978-952-6602-88-2  
ISSN 2342-933X

# SISÄLLYS

Esipuhe

JOHDANTO .....	4
1. OLEMASSA OLEVIA TEKNIIKOITA.....	4
1.1 Orgaaniset valoa tuottava diodit.....	4
1.2 Korkean resoluution näytöt .....	8
1.3 Heijastusnäytöt.....	9
1.4 Silmillä pidettävät näytöt .....	12
1.5 Sähköpaperi .....	15
1.6 Sumuvalkokangas .....	17
2. TULEVIA TEKNIIKOITA .....	18
2.1 Aikamultipleksattu optinen suljin .....	18
2.2 Ferro-nestenäyttö .....	19
2.3 Interferometrinen modulaattorinäyttö.....	19
2.4 Kenttäpäästönäyttö.....	20
2.5 Orgaaninen valoa lähettävä transistori .....	20
2.6 Sharpin vapaamuotoinen näyttö .....	21
2.7 Vaiheistettu ryhmäoptiikka.....	22
2.8 Volumetriset näytöt.....	22
3. TESTIT JA DEMOT .....	26
3.1 E-paperidemot .....	26
3.2 PMOLED-demo .....	26
3.3 Lumineq TASEL .....	28
3.4 Peilinäyttö .....	31
4. JOHTOPÄÄTÖKSET .....	34

Kiitokset

Lähteet

## JOHDANTO

Tässä julkaisussa käydään läpi uusia ja tulevia näyttöteknologioita Näkökulma aiheeseen on uusien näyttöjen mahdollinen käyttö autoissa, mutta myös muita kiinnostavia tekniikoita kartoitettiin.

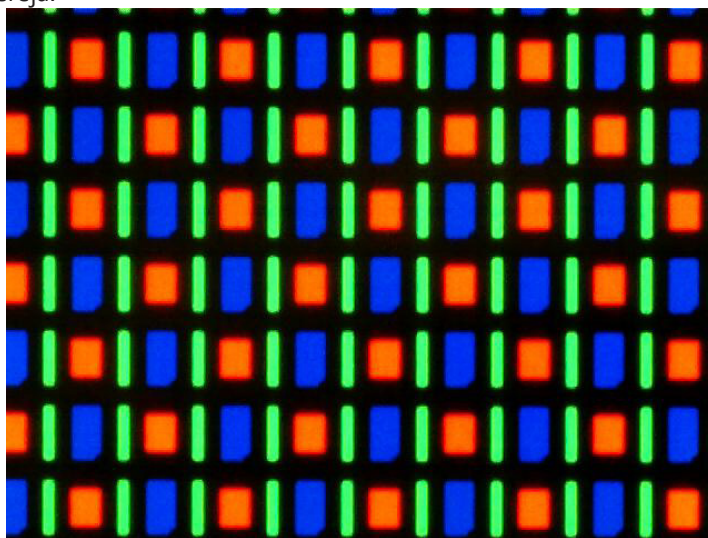
Julkaisu on jaettu osiin, joista ensimmäisessä tutustutaan olemassa oleviin ja pian tulossa oleviin mielenkiintoisiin näyttöratkaisuihin. Tätä seuraa osio, jossa käsitellään tulevia ja uusia tekniikoita, jotka eivät ole vielä laajassa kaupallisessa käytössä. Kolmannessa osiossa käydään läpi muutamia näyttödemoja, joita saimme lainaan ja testattavaksi hankkimamme peilinäyttö. Lopussa on yhteenveto, jossa on poimittuna edellisistä osista tekniikat, joita voisi käyttää autoissa.

## 1. OLEMASSA OLEVIA TEKNIIKOITA

Tässä osassa käymme läpi mielenkiintoisia näyttöteknologioita, jotka ovat jo olemassa tai ovat tulossa markkinoille piakkoin. Tähän on poimittu vain murto-osa olemassa olevista näyttöteknologioista. Teknologiat on valittu kiinnostavuuden ja mahdollisen auto-käytön perusteella.

### 1.1 Organiset valoa tuottava diodit

Organic Light-Emitting Diode (OLED) on hohtodiodi, jossa LED-tekniikan elektroluminesenssikerros on korvattu kalvolla, jossa on orgaanisia yhdisteitä. Nämä orgaaniset yhdisteet lähettävät valoa kun niiden läpi johdetaan sähkövirta. OLED-tekniikka käytetään valaistukseen, mutta paremmin tunnettuja ovat tekniikkaan perustuvat näytöt. OLED-näyttöjä on toteutettu useilla tekniikoilla, mutta ne voidaan jakaa karkeasti kahteen pääryhmään. Toisessa ryhmässä on OLED-näytöt, joissa käytetään pieniä molekyylejä eli monomeerejä ja toisessa on näytöt, joissa käytetään monomeeriyhdisteitä eli polymeerejä.



**Kuvio 1.** Mikroskooppilähikuva Googlen Nexus One -puhelimien AMOLED-näytöstä (Matthew Rollings 2010, [2]).

Kuvapisteiden päivittämiseen on kahta tekniikkaa, passiivi- ja aktiivimatriisi. Passiivimatriisi-OLED-näytöt tunnetaan nimellä PMOLED, ja vastaavasti aktiivimatriisi OLED-näytöt nimellä AMOLED. Näistä PMOLED on yksinkertaisempi ja halvempi toteuttaa, mutta AMOLED puolestaan mahdollistaa suuremmat resoluutiot ja näyttökoot. Passiivimatriisinäytöissä pitää käyttää suurempaa jännitettä, mikä lyhentää tuotteen elinikää. Teknisesti AMOLED on huomattavasti parempi, mutta myös kalliimpi toteuttaa.

OLED-näyttöjen tärkein etu on, etteivät ne tarvitse erillistä taustavaloa kuten perinteiset LCD-näytöt. Tämän takia OLED näytöt toimivat paremmin tummien sävyjen esittämiseen. Näytöistä voidaan myös rakentaa erittäin ohuita. Muita OLED-näytön etuja perinteiseen LCD-näyttöön verrattuna ovat laajempi katselukulma, kirkkaammat värit, parempi energiatehokkuus ja nopeampi vasteaika.

OLED-tekniikan huono puoli on niiden lyhempi elinikä. Laitteen vanhentuessa eri värit heikkenevät eri tahtiin, erityisesti sininen väri heikkenee muita nopeammin. Värien heikkenemistä voidaan jossain määrin korjata näytön asetuksia säätämällä. Virran kulutus on yleensä vähemmän kuin LCD-näytössä, mutta jos näytöllä esitetään paljon valkoista, voi virran kulutus olla jopa kolminkertainen.

Lisää aiheesta lähteissä [1], [2] ja [3].

## **Läpinäkyvät näytöt**

Läpinäkyvässä näytössä käyttäjä voi nähdä sekä näytöllä näytettävän kuvan että näytön takana olevat kohteet. Läpinäkyvät näytöt ovat lähes kaikki OLED-pohjaisia. Samsung on myös kehittänyt myös LCD-version, jossa taustavalo on poistettu ja sitä voidaan käyttää joissakin tapauksissa edullisempänä vaihtoehtona.

Läpinäkyviä näyttöjä voidaan käyttää markkinointiin niin, että esiteltävä tuote on näytön takana ja tuotteen tietoja esitellään näytöllä niin, etteivät ne kuitenkaan peitä itse tuotetta. Näytön etuna on mahdollisuus vaihtaa sisältöä tai esittää tuotteeseen liittyvää videomateriaalia.

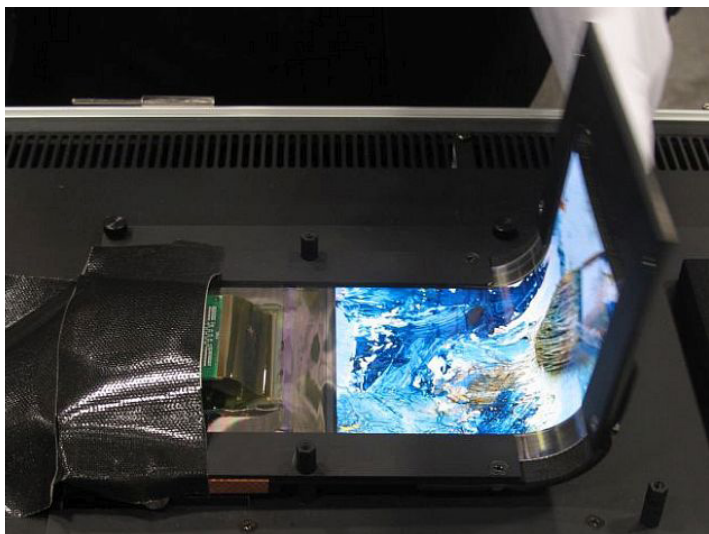
Kuluttajakäyttöön sopiva sovellus voisi olla lisätty todellisuus, jossa näytöllä esitetään takana olevaan kohteeseen liittyvää lisätietoa.

Beneqin Lumineq-tuotesarjasta löytyvät TASEL-tuotteet ovat myös läpinäkyviä. TASEL-näytöt ovat yksivärisiä, mutta toisaalta niistä myös näkee täysin läpi kun näytön segmenttiin ei ole kytketty jännitettä. TASEL näytöistä lisää kappaleessa 3.3.

Lisää läpinäkyvistä näytöistä Wikipediassa [4].

## **Taipuvat näytöt**

OLED-tekniikan avulla on mahdollista rakentaa taipuvia näyttöjä. Ensimmäinen konseptin taipuvasta OLED-näytöstä oli Nokian Morph. Se oli Nokian visio tulevaisuuden mobiililaitteista. Nokia World 2011 -tapahtumassa Nokia esitteli myös taivutettavan puhelimen nimellä Kinetic. Vastaavasti CES 2013 -tapahtumassa LG ja Samsung esittelivät ensimmäiset kaarevat näytöt. Nykyään kaarevia näyttöjä on saatavilla myös muilta valmistajilta.



**Kuvio 2.** Nokian taipuvan OLED-näytön demo (Robin Sinha 2014, [61]).

Ensimmäiset taipuvat näytöt olivat sähköpaperipohjaisia. Aivan ensimmäinen taipuvan näytön kehittämishankeen järjesti Xerox PARC (Palo Alto Research Company). Ensimmäinen tekninen läpimurto tehtiin jo vuonna 1974 kun PARCin työntekijä Nicholas K. Sheridon valmisti ensimmäisen toimivan e-paperinäytön. Useat muutkin yritykset ovat kehittäneet erilaisia e-paperiratkaisuja, mutta ne ovat alkaneet yleistymään vasta viime aikoina e-kirjalukijoissa. Lisää e-paperiratkaisuista kappaleessa 1.5.

Lisää taipuvista näytöistä Wikipediassa [5].

### **Rullattavat näytöt**

Taipuva materiaali mahdollistaa rullattavien näyttöjen rakentamisen. OLED-tekniikan lisäksi rullattavia näyttöjä voidaan valmistaa myös Gyricon ja sähköpaperi tekniikoilla. Ensimmäiset rullattavat näytöt esiteltiin CES 2006 tapahtumassa. Tuolloin Philips esitteli prototyypin joka pystyi myös säilyttämään kuvan muutaman kuukauden ilman sähköä.

Lisää aiheesta Wikipediassa [6].



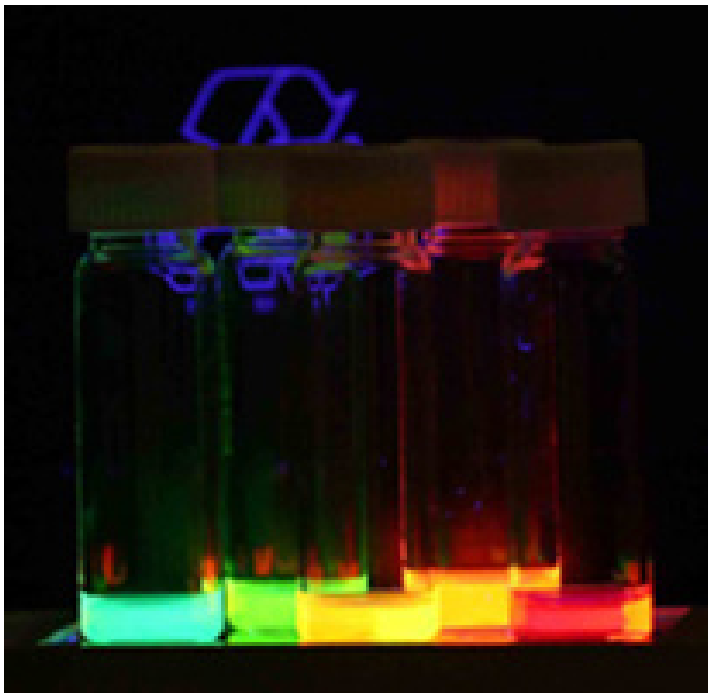
**Kuvio 3.** Sonyn 4.1 tuuman rullattavan näytön demo (nDevilTV 2010, [6]).

## Kvanttipisteet

Kvanttipisteet on uusi tekniikka, jolla voidaan parantaa perinteisen LCD-näytön väritoistoa. Tekniikka ei yllä väritoistossa ihan OLED-näyttöjen tasolle, mutta on huomattavasti edullisempi toteuttaa. QD-näytöt ovat myös OLED-näyttöjä pitkäikäisempiä.

Tekniikka perustuu nanokristalleihin joilla on ominaisuus muuttaa valon väriä. Nanokristallin koko määrää mitä väriä se lähettää. Etu perinteisiin LCD-näyttöihin on siinä että QD-näytössä voidaan käyttää sinisiä ledejä valaisuun ja sininen valo muutetaan nanokristallien avulla suoraan vihreäksi ja punaiseksi. Tämä mahdollistaa noin 30 % paremman värispektrin ja samalla kuluttaa 30–50 % vähemmän virtaa kuin perinteinen LCD.

Lisää aiheesta Wikipediassa [7] ja [8].



**Kuvio 4.** Erikokoiset kvanttikristallit muuttavat UV-valon eri väreiksi (Walkman16 2008, [8]).

## Ohut magneettinen OLED-näyttö

Toukokuussa 2015 LG Display esitteli äärimmäisen ohuen OLED-näytön. Näyttö oli kooltaan 55 tuumaa, 0,97 mm paksu ja painoi 1,9 kg. Näytössä oli myös se erikoisuus, että se kiinnitettiin seinällä olevalle magneettipinnalle.

Näytöstä voidaan rakentaa näin ohut, koska OLED-näyttöön ei tarvita taustavaloa. Lisäksi näytön ohjauselektronikka luultavasti oli sijoitettu magneettipinnan taakse.





**Kuvio 5.** Erittäin ohut näyttö kiinnitetään magneettipinnalle (LG Display 2015, [10]).

Lisää aiheesta lähteissä [9] ja [10].

## 1.2 Korkean resoluution näytöt

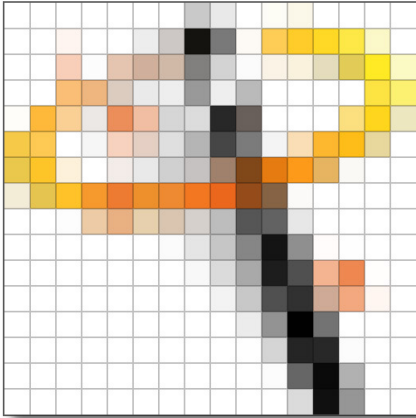
Resoluutiolla tarkoitetaan esitetyn kuvan erottelukykä. Näytöistä puhuttaessa tällä tarkoitetaan montako pistettä laite pystyy näyttämään leveys- ja korkeussuunnassa. Televisiossa nykyään Full HD-resoluutio eli  $1920 \times 1080$  on lähes minimi mitä kaupasta saa. Saatavilla on jo myös 4K näyttöjä joissa on tuplasti enemmän pisteitä molempiin suuntiin, eli  $3840 \times 2160$ . 4K resoluutio tunnetaan myös nimellä Ultra HD. Muutamat valmistajat ovat myös esitelleet 8K resoluution näyttöjä. Näissä Full Ultra HD-näytöissä pisteitä on peräti  $7680 \times 4320$ .

Apple on tuonut omiin laitteisiinsa tarjolle Retina Display-näyttöjä. Näyttöjen erikoisuus on siinä, että niissä pyritään puolta pienempiin näyttöpisteisiin normaaleihin näyttöihin nähden. Ohjelmallisesti tämä mahdollistaa kätevästi vanhojen ohjelmien ajamisen kaksinkertaisella suurenoksella, jolloin ne eivät näytä käyttäjästä liian pieniltä. Tekstit käyttöjärjestelmä voi kumminkin piirtää suurempaa resoluutiota hyödyntäen, jolloin ne näyttävät paremmalta. Uusissa ohjelmissa on kuvista kaksi versiota joista toisessa on nelinkertainen määrä pikseleitä tarkempaa näyttöä varten. Kuviossa 6. esitetään esimerkki kahdesta ikonista, joista oikeanpuoleista käytetään Retina Display näyttöllä. Retina Display on Applen tuotenimi, mutta erittäin tarkkoja näyttöjä on saatavilla myös muilta valmistajilta.

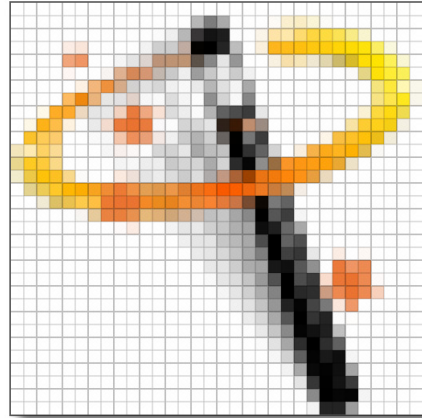
Myös matkapuhelimissa alkaa olla erittäin tarkkoja näyttöjä, ja tämä jakaa jo nyt mielenkiintoa siitä onko järkevää laittaa pieniin laitteisiin näyttöjä, jossa on enemmän pikseleitä kuin Full HD televisiossa.

Lisää aiheesta lähteissä [11] ja [12]

## Normaali



## HDPI versio



**Kuvio 6.** HDPI-kuvakeessa on nelinkertainen määrä pisteitä (Kuvassa käytetty ikoni on Oxygen projektin tools-wizard [6o]).

### Google X isojen näyttöjen projekti

Suurien resoluutioiden ongelmana on niihin tarvittavien pikselien määrä. Mitä enemmän näytön kokoa ja pikseleiden määrä kasvatetaan, sitä enemmän tuotteita pitää hylätä niissä olevien virheiden takia. Google X-laboratoriossa kehitetään mahdollisesti ratkaisua tähän ongelmaan. Ideana on valmistaa pienempiä näyttöjä, joita voi liittää toisiinsa hieman Lego-palikoiden tapaan. Näyttöjen on tarkoitus liittyä toisiinsa saumattomasti, ja näin ollen niistä voisi rakentaa hyvinkin isoja näyttöjä.

Lisää aiheesta lähteessä [13].

### 1.3 Heijastusnäytöt

Head-Up Display (HUD) eli heijastusnäyttö on yleisesti sotilaslentokoneissa käytetty näyttö, jossa kuva heijastetaan läpinäkyvään levyyn. Näin lentäjä näkee oleelliset tiedot nopeasti ilman että katsetta tarvitsee siirtää mittaristoon. Nimi Head-Up tuleekin siitä, että katse voidaan pitää kokoajan eteenpäin ja näin ollen päätä ei tarvitse kallistaa luettaessa.

Tyypillinen toteutus sisältää tietokoneen jossa kuva muodostetaan, projektorin, jolla kuva heijastetaan ja pinnan, johon kuva heijastetaan. Projektori on yleensä optinen kollimaattorilaitte, jossa on kupera linssi tai kovera peili ohjaamassa valosäteitä. Kuva tuotetaan katodisädeputkella, nestekidenäytöllä tai ledeillä. Linssien ja pelien avulla kuvan valosäteet saadaan katsojan kannalta tulemaan rinnakkain. Tämä luo illuusion kuvasta, joka on kaukaisuudessa.

Kuvapinta on yleensä tasainen lasilevy, mutta myös kaarevia pintoja käytetään projektorin kuvan keskittämiseen. Tekniikasta riippuen lasinpinta voi sisältää pinnoitteen, joka päästää valonaaltopituuksista osan läpi ja heijastaa osan. Vaihtoehtoisesti lasi yhdistää projektorista ja kaukaa tulevaa valoa tasavertaisesti.



**Kuvio 7.** Lentokoneen HUD-näyttö (Wikipedia s. a., [15]).

Nykyään HUD-tekniikkaa käytetään myös siviililentokoneissa, erikoisajoneuvoissa, ja ne ovat nyt tulossa myös henkilöautoihin. Videopeleissä on pitkään käytetty HUDin kaltaisia toimintoja esittämään pelaajan kannalta tärkeitä tietoja. Simulaattoripeleissä HUD voi vastata todellista tai olla täysin kuvitteellinen, joista jälkimmäinen voi toimia ideana myös todellisiin ratkaisuihin. HUD-näytön lisäksi moderneissa hävittäjissä pilotille näytetään informaatio suoraan kypärän visiirissä. Tätä tekniikkaa kutsutaan nimellä Head-Mounted Display (HMD). Lisää HMD-näyttöistä kappaleessa 1.4.

Lisää heijastusnäytöt lähteissä [14] ja [15].



**Kuvio 8.** BMW E60 HUD-navigaattori (Sebastian Klein 2008, [15]).

## Navdy

Navdy on tulossa oleva HUD-ratkaisu autoihin. Se on erillinen laite, joka sijoitetaan autossa kojelaudan päälle. Laitteessa on 5.1 tuuman näyttöpinta, johon laitteen projektori lähettää kuvan. Näyttöpinta suurentaa kuvan ja saa aikaan illuusion kuvasta, joka leijuu tuulilasik ulkopuolella.

Laitetta voi ohjata liike-eleiden avulla. Laite tunnistaa käyttäjän eleet lämpökameran avulla. Laitteen pitäisi näin ollen toimia myös yöaikaan. Vaihtoehtoisesti laitetta voi ohjata myös äänikomennoin tai puhelimen kautta. Laite toimii iPhone ja Android -puhelimien kanssa. Yhteys puhelimeen tapahtuu langattomasti Bluetooth 4.0/LE -yhteydellä.



**Kuvio 9.** Navdy-laite sijoitetaan kojelaudan päälle. Laitteen projektori heijastaa kuvan linssiin, joka suurentaa kuvan. Kuljettaja kokee kuvan leijuvan tuulilasik ulkopuolella (Navdy 2015, [16]).

Laitteen ohjelmistoa kehitetään toistaiseksi pelkästään yrityksen sisäisesti, mutta yritys on luovuttanut mahdollisuuden myös omien sovelluksien rakentamisen tulevaisuudessa. Laitteessa on Micro-USB liitin kehittäjien käyttöön. Ilmeisesti tämä tarkoittaa sitä, että sovelluksia voi tehdä myös suoraan Navdy-laitteeseen puhelimien lisäksi.

Laite kytketään auton OBD-II porttiin ja se saa sieltä tarvittavan käyttöjännitteen. Lisäksi laitteen on tarkoitus näyttää auton tietoja jotka laite lukee samaisen portin kautta. Vaihtoehtoisesti laitteeseen saa myös erillisen 12 V teholahteen.

Centria-ammattikorkeakoululle on tilattu yksi Navdy-laite, ja sen oli tarkoitus saapua keväällä 2015. Laitteen saama suosio kuitenkin yllätti valmistajan, ja he päättivät lykätä julkaisun syksyille.

Lisää aiheesta valmistajan kotisivulla [16].

## 1.4 Silmillä pidettävät näytöt

Silmillä pidettäviä näyttöjä on käytetty jo pitkään erikoiratkaisuissa. Englanniksi tekniikka tunnetaan nimellä Head-Mounted Display (HMD). Kuluttajille tätä tekniikkaa yritettiin tuoda go-luvulla, mutta silloiset toteutukset olivat liian kalliita ja kömpelöitä. Ideana toteutuksissa on vähintäänkin tuoda näyttö suoraan silmien eteen. Paremmissa ratkaisuissa käyttäjälle näytetään eri kuva kummallekin silmälle, ja näin luodaan kolmiulotteinen vaikutelma. Tekniikan toimivuutta voidaan edelleen parantaa seuraamalla päänliikkeitä ja päivittämällä näkymä vastaamaan tehtyjä liikkeitä.

Suurin osa HMD-toteutuksista esittävät käyttäjälle pelkästään tietokoneella luodun näkymän, mutta olemassa on myös muutamia toteutuksia joissa tietokoneella luotu kuva esitetään todellisen näkymän päällä. Näistä lienee tunnetuin Google Glass.

Silmillä pidettävistä näytöistä Wikipediassa [17] ja [18].

### Oculus Rift

Oculus Rift on Oculus VR-yhtiön kehittämä HMD toteutus. Laitteen erikoisuus perustuu linssihin, joilla näytöllä näkyvä kuva saadaan peittämään käyttäjän koko näkökentän. Tämä on huomattava parannus vanhoihin go-luvun toteutuksiin, joissa käyttäjästä tuntui kuin olisi katsonut kolmiulotteista maailmaa pienen ikkunan läpi. Toinen tärkeä osa näyttöä ovat sensorit, joilla päänliikkeitä seurataan mahdollisimman nopeasti ja vastaavasti ohjelmisto, jolla päänliikkeet sopeutettuaan virtuaalimaailmaan. Yhdessä nämä saavat aikaan käyttäjän kannalta vaikuttavat immersion tunteen. Immersio tulee englannin kielisestä sanasta immerse ja sillä tarkoitetaan uppotumista virtuaalimaailmaan.



**Kuvio 10:** Oculus Rift silmillä pidettävän näytön ensimmäinen kehittäjäversio (Sebastian Stabinger 2013, [19]).

Laitteen kehitys aloitettiin Kickstart joukkorahoituskampanjalla, joka keräsi projektille 2,4 miljoonan dollaria. Vuonna 2014 Facebook osti yhtiön mikä mahdollisti projektille käytännössä rajattomat mahdollisuudet kehittää tekniikkaa vieläkin paremmaksi. Oculus Rift -laitteesta on

tähän mennessä julkaistu kaksi kehittäjäversiota ja kuluttajaversioon yhtiö on aikeissa julkaista vuoden 2016 ensimmäisellä neljänneksellä. Kuluttajaversioon yritys aikoo tuoda 2160 x 1200 resoluutiolla varustetun OLED-näytön. Näyttö luultavasti päivitetään 90 kertaa sekunnissa samaan tapaan kuin kehitysversioita. Näkökentän laajuutta ei vielä ole kerrottu, mutta se on luultavasti samaa luokkaa kuin kehitysversioissa 100° - 110°.

Lisää aiheesta lähteissä [19] ja [20].

### HTC Re Vive

Vive on HTC:n ja Valven yhteistyössä tekemä HMD-toteutus. Ulkoisesti ratkaisu muistuttaa hie- man kilpailevaa Oculus Riftiä. Oculus Riftiin nähden eroina on kaksi erillistä näyttöä, sekä eri tavalla toteutettu päännliikkeiden seuranta. Laitteessa on valmistajan mukaan 70 sensoria tun- nistamaan päännliikkeitä. Näytöt ovat 1080 x 1200 resoluutiolla varustettu, ja niitä päivitetään 90 kertaa sekunnissa.

Valve on julkaissut laitteelle OpenVR kehityspaketin ja päivitetyn version Steamworks VR-raja- pinnasta. Myös Epic Games on luvannut tuen laitteelle heidän Unreal Engine 4-pelimoottoris- sa. HTC aikoo julkaista kuluttajaversioon vuoden 2015 loppuun mennessä.

Lisää tuotteesta lähteissä [21] ja [22].



**Kuvio 11.** HTC:n markkinoinnin johtaja, Jeff Gattis esittelemässä HTC RE Vive -tuotetta (Mau- rizio Pesce 2015, [21]).

### Sonyn Project Morpheus

Project Morpheus ei lähde kilpailemaan Oculus Riftin ja Re Viven kanssa. Kilpailemisen sijaan Sony kehittää tätä HMD-ratkaisua käytettäväksi heidän PlayStation 4 ja PlayStation Vita -pe- likonsolien kanssa.

Laitteen prototyyppi esiteltiin GDC 2015 -tapahtumassa, siinä oli Full HD-resoluutiolla oleva OLED-näyttö, jolla voidaan esittää 120 kuvaa sekunnissa. Yhdelle silmälle näytöstä näkyy puo-

let eli 960 x 1080 pikseliä. Näkökentän laajuuden kerrotaan olevan 100°. Laitteessa on kuuden-akselin päännliikkeiden seuranta. Kuluttajaversio yrityksen aikoo julkaista vuoden 2016 ensimmäisellä puoliskolla.

Lisää aiheesta lähteissä [23] ja [24].



**Kuvio 12:** Sony Project Morpheus on silmillä pidettävä näyttö (Sony 2015, [24]).

### Samsung Gear VR

Samsung Gear VR on Samsung ja Oculus VR yhtiöiden yhteistyössä tekemä HMD toteutus. Tämä HMD toteutus poikkeaa muista siinä että siinä ei ole mukana omaa näyttöä. Laitteessa on Oculus VR -yhtiön kehittämä päännliikkeiden seurantamoduuli. Kuva laseihin saadaan lisäämällä Samsung Galaxy Note 4 puhelin lasin kehikkoon. Yhteys sensorimoduuliin onnistuu microUSB-liittimen kautta. Galaxy Note 4 puhelimesta on 2560 x 1440 resoluutiolla varustettu AMOLED-näyttö. Näytön päivitysnopeus on 60 kuvaa sekunnissa.

Edellä mainituista HMD-ratkaisuista poiketen Gear VR ja Galaxy Note 4 toimivat itsenäisesti ilman tarvetta muille lisälaitteille. Toteutus on näin ollen täysin mobiili ja helposti mukaan otettavissa. Toisaalta tämä myös rajoittaa laitteen käyttökelpoisuutta. Gear VR julkaistiin joulukuussa 2014.

Lisää aiheesta lähteissä [25] ja [26].



**Kuvio 13:** Gear VR-lasi tarvitsee avukseen Galaxy Note 4-puhelimen, mutta on tämän jälkeen täysin mobiili. (Samsung 2015, [26])

## 1.5 Sähköpaperi

Sähköpaperi on näyttötekniikka, joka muistuttaa ulkoisesti paperia. Tekniikka tunnetaan myös nimillä e-paperi ja sähkömuste. Englanniksi käytetään termejä electronic paper, e-paper, electronic ink ja e-ink.

Sähköpaperinäytöt eivät ole taustavalaistuja, sillä niissä käytetty materiaali ei päästä valoa läpi. Kuva näytöstä näkyy samaan tapaan kuin oikeasta paperista, eli ulkoisen valolähteen valoa heijastamalla. Tästä johtuen e-paperinäyttö toimii erinomaisesti ulkona, missä taustavalaistut näytöt yleensä toimivat heikosti.

Lisää aiheesta Wikipediassa [27].



**Kuvio 14:** Taipuva e-paperinäyttö (Windell Oskay 2007, [27]).

## FES e-mustekello

Fashion Entertainments (FES) esitteli joukkorahoituskampanjan avulla e-mustenäytöllä varustetun kellon. E-mustekelloja on ollut muutamia jo aikaisemmin, mutta tämän erikoisuus on siinä, että myös sen ranneke on osa e-mustenäyttöä.

Kellossa ei ole älyominaisuuksia, mutta toisaalta se toimii myös yhdellä nappipatterilla 60 päivää. Kellon napilla voi vaihtaa etukäteen laitteeseen ohjelmoitujen teemojen välillä. Käytännössä tämä tarkoittaa erilaisia kuvioita rannekkeeseen. Esitevideon perusteella kellotaulussa on aina samat kuviot, mutta värityksen voi vaihtaa käänteiseksi. Tämän perusteella näyttö on segmenttipohjainen, mikä on sähkökulutuksen kannalta myös järkevämpi ratkaisu.

Lisää aiheesta lähteissä [28] ja [29].





**Kuvio 15:** Kellon ulkoasua voi muuttaa nappia painamalla. (FES 2015, [29])

### Pebble Time

Pebble Time on Pebblen uusin älykello. Vuonna 2012 yritys keräsi 10 miljoonaa dollaria joukkorahoituksella heidän ensimmäiseen yksinkertaiseen e-paperinäytöllä varustettuun kelloon. Heidän ensimmäinen e-paperikello tunnetaan nimellä Pebble Watch ja siinä oli musta-valkoinen e-paperi näyttö.

Myös Pebble Time projektiin yritys keräsi rahat joukkorahoituksella, ja tällä kertaa kampanja tuotti 20 miljoonaa dollaria. Tällä hetkellä älykellomarkkinoilla on jo kovaa kilpailua. Kilpailijoistaan Pebble Time eroaa nyt näytöksi valitulla värillisellä e-paperi näytöllä. Tämä vähentää huomattavasti kellon tarvitsemää virran määrää ja yhdellä latauksella kello toimii noin viikon verran. Apple Watch kelloja käyttäjät joutuvat lataamaan joka päivä ja Android-älykelloja parin päivän välein.



**Kuvio 16:** Pebblen uudessa älykellossa on värillinen e-paperinäyttö. (Pebble 2015, )

Kellon näyttö ilmeisesti on Japan Display Incin valmistama LPM012A220A, joka on LPM014T262C näytön erityisversio. Näytön resoluutio on 144 x 168 pikseliä, ja siinä voi käyttää

64 erilaista värisävyä. Näyttöön on myös lisätty taustavalo jonka saa käyttöön nappia painamalla. Taustavaloa tarvitaan vain jos kelloa halutaan käyttää hämärässä.

Lisää tietoa kellosta lähteissä [30], [31] ja [32].

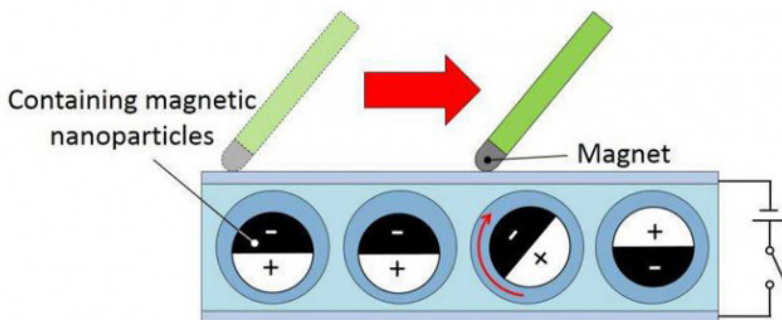
### Liitutaulun korvaaja

Tokion yliopisto on kehittänyt edullisen e-paperitaulun. Taulun on tarkoitus korvata liitutaulut ja valkotalut. Tauluun voidaan kirjoittaa käyttäen magneettipäällä varustettua kynää.

Näyttö perustuu tekniikkaan joka alun perin kehitettiin jo 70-luvulla. Se koostuu mikropartikkeleista, jotka ovat kooltaan noin 0,1 mm. Partikkelit ovat pallon muotoisia, joista toinen puolikas on erivärinen. Eriväriset puolikkaat ovat myös sähkövaraukseltaan eriävät. Toinen puolikas on positiivisesti varautunut ja toinen vastaavasti negatiivisesti.

Partikkelit sijaitsevat kahden läpinäkyvän johdinpinnan välissä. Jännitteen avulla partikkelien suunta voidaan vaihtaa, mutta tämä ei vielä mahdollista taululle kirjoittamista. Kirjoittamisen mahdollistaa mikropartikkelin värillisellä puolella olevat magneettiset nanopartikkelit. Kirjoittamiseen riittää näin kynä, jossa on magneettinen kärki. Taulun voi pyyhkiä hetkessä kytkemällä jännite tasopinnoille.

Lähde ExtremeTech -sivun uutinen [33].



**Kuvio 17:** E-paperi johon voidaan piirtää magneettikynällä. Tekniikka on yksikertainen, mutta nerokas. (Ryan Whitwam 2015, [33])

### 1.6 Sumuvalkokangas

Sumuvalkokangas tai FogScreen on suomalainen keksintö, jossa vesihöyry yhdistetään ohueen laminaariseen ilmavirtaukseen. Tähän tasaiseen vesihöyryn muodostamaan sumuseinämään voidaan heijastaa kuvaa videoprojektorilla. Sumuvalkokankaalla kuva näyttää leijuvan ilmassa. Näytön erikoisuus on siinä, että siitä voidaan kävellä läpi, mikä mahdollistaa mielenkiintoisen elämyksen esimerkiksi tapahtumaan osallistuvalla yleisöllä. Näyttöön voidaan yhdistää muita tekniikoita ja luoda myös interaktiivisia toteutuksia.

Lisää aiheesta valmistajan kotisivulla [34].



**Kuvio 18:** Sumuvalkokangas sopii hyvin mainoksien esittämiseen (FogScreen 2015, [34]).

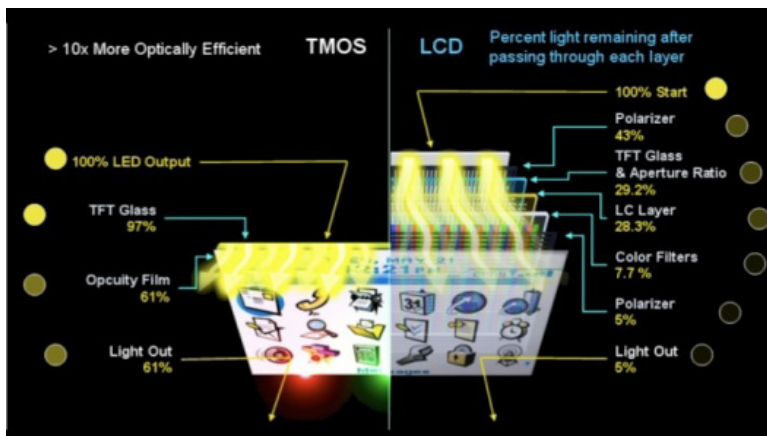
## 2. TULEVIA TEKNIKOITA

Tässä osassa käydään läpi uusia tulossa olevia näyttötekniikoita ja tekniikoita jotka eivät ole vielä laajassa käytössä. Osaa näistä tekniikoista tutkitaan parasta aikaa ja muutamat eivät ole vielä mahdollisia nykytekniikalla.

Tulevien näyttötekniikoiden lista Wikipediassa [35].

### 2.1 Aikamultipleksattu optinen suljin

Time-multiplexed optical shutter (TMOS) on litteiden näyttöjen tekniikka joka perustuu kokonaisheijastumiseen ja ilmiöön, jossa kolmannen materiaalin vuorovaikutus kumoaa kokonaisheijastumisen. Lisäksi näytössä hyödynnetään ihmisen tapaa käsitellä nopeasti väriään vaihtavaa valoa, jonka ihminen tulkitsee yhtenä värinä.



**Kuvio 19.** TMOS-näyttö käyttää valon huomattavasti tehokkaammin kuin perinteinen LCD (Dario Borghino 2009, [37]).

Näytössä vaihdetaan nopeaan tahtiin punaista, vihreää ja sinistä valoa. Näytön pikselissä on kalvo, jonka tilaa voidaan muuttaa jännitteen avulla. Riippuen kalvon tilasta valo joko heijastuu täysin takaisin tai pääsee läpi. Ihmiselle näkyvä väri muodostetaan määrittelemällä kuinka kauan punaista, vihreää ja sinistä valoa päästetään läpi. Esimerkiksi valkoista valoa lähetettäessä pidetään kalvo kokoajan auki ja vastaavasti jos pikseli halutaan mustaksi niin kalvo pidetään suljettuna koko ajan.

Näytöissä värit yleensä muodostetaan kolmen alipikselin kirkkautta säätäen. Tässä näyttötekniikassa ei ole alipikseleitä, sen sijaan punaista, vihreää ja sinistä valoa lähetetään samasta pikselistä nopeaan tahtiin väriä vaihtaen. Ihminen kokee nopeasti vaihtuvat värit yhtenä värinä.

Tekniikan etuna on suuri valovoimakkuus, joka voi olla jopa  $3\ 430\ \text{cd/m}^2$  30 watin teholla [36]. Näytön rakenne on myös yksinkertaisempi ja energia tehokkaampi kuin perinteinen LCD-tekniikka. Tekniikan haasteena on erittäin suuri nopeus jolla valoa pitää hallita. Mikäli nopeus ei ole riittävä, näytössä näkyy sateenkaariefekti silmiä räpäyttäessä.

Lisää aiheesta lähteissä [36] ja [37].

## 2.2 Ferro Nestenäyttö

Ferro Liquid Display (FLD) -näyttötekniikka perustuu eräitten smektisten nestekiteiden ferrosähköisiin ominaisuuksiin. FLD-tekniikalla voidaan rakentaa erittäin tarkkoja näyttöjä, joissa näytön pikselit voivat olla kooltaan jopa  $8\ \mu\text{m}$ . Esimerkiksi, iPhone 6 Plus Retina HD-näytön pikselin leveys on noin  $64\ \mu\text{m}$  ja nekin ovat erittäin tarkkoja. FLD-näytön pikseleiden kytkemisaika on vain  $100\ \mu\text{s}$  tämä mahdollistaa suuret kuvien päivitysnopeudet. Toisaalta näyttöä on mahdollista päivittää myös pienillä nopeuksilla, jolloin virrankulutus on pienempi. FLD-näyttö on tarkoitettu käyttäjä 3D-näyttöinä sekä HMD-toteutuksiin, missä tarvitaan suurta tarkkuutta.

Lisää aiheesta Wikipediassa [38].

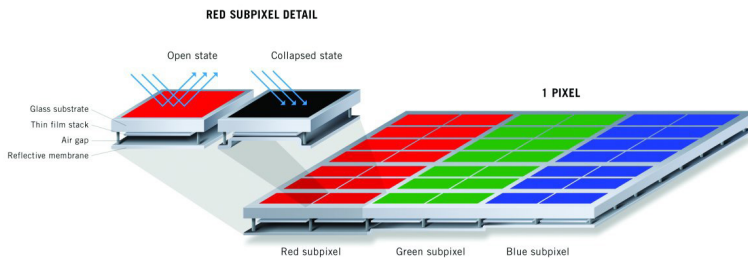
## 2.3 Interferometrinen Modulaattori Näyttö

Interferometrinen Modulaattori (IMOD) -elementti on yksinkertainen mikrosysteemi (MEMS), jossa on kaksi sähköä johtavaa kalvoa. Päällimmäinen kalvo on kiinnitetty lasilevyyn ja alempi kalvo on osittain kiinni pohjassa. Kalvojen välissä olevan ilmaraon etäisyys määrittää mitä väriä elementistä heijastuu. Kun kalvoihin kytketään pienijännite, alempi kalvo kiinnittyy ylempään. Tällöin elementistä ei enää heijastu valoa ja se näyttää mustalta. Kooltaan elementit ovat hyvin pieniä, tyypillisesti luokkaa  $10\ \mu\text{m} - 100\ \mu\text{m}$ .

Useita IMOD-elementtejä yhdistelemällä saadaan aikaiseksi yksi näytön pikseli. Elementtien määrä vaikuttaa siihen montako erilaista värisävyä pikselillä voidaan esittää. Useita tällaisia pikseleitä yhdistelmällä saadaan näyttömatriisi.

IMOD-näytöt sopivat hyvin E-kirjoihin sillä ne vaativat vähän virtaa toimiakseen ja perustuvat valon heijastumiseen, tästä johtuen näyttö toimii hyvin ulkona auringonvalossa, missä perinteiset LCD näytöt näkyvät huonosti.

Lisää aiheesta lähteissä [39], [40] ja [41].



**Kuvio 20:** Vasemmalla alipikseli joko heijastaa valoa tai ei tilasta riippuen. Useita alipikseleitä yhdistämällä saadaan aikaiseksi yksi pikseli. Poiskytkettyjen alipikselien määrä määrittää heijastuvan valon värin. (DaleDe 2010, [41])

## 2.4 Kenttäpäästönäyttö

Field Emission Display (FED) on litteiden näyttöjen tekniikka, jossa käytetään laaja-alaista elektronilähdettä. Elektroneilla aktivoidaan fosforia tuottamaan eri värejä. FED-näytön voi ajatella toimivan osittain perinteisen katodisädeputken tapaan sillä erotuksella, että FED-näytössä jokainen alipikselin on tavallaan oma katodisädeputki. Tällä tekniikalla pyritään yhdistämään CRT-näyttöjen suuri kontrasti ja nopea vasteaika litteiden näyttöjen rakenteeseen. FED-näyttö kuluttaa vain puolet LCD-näyttöjen vaatimasta tehosta.

FED-näyttöjen kehitys aloitettiin jo vuonna 1991. Yksi merkittävä tekniikan kehittäjistä oli Sony, joka kumminkin lopetti kehityksen 2009 kun LCD-tekniikka yleisty. Tammikuussa 2010 AU Optronics osti Sonyltä FED-tekniikan ja on jatkanut sen kehittämistä. Toistaiseksi tekniikan ei ole vielä luvattu olevan valmis massatuotantoon.

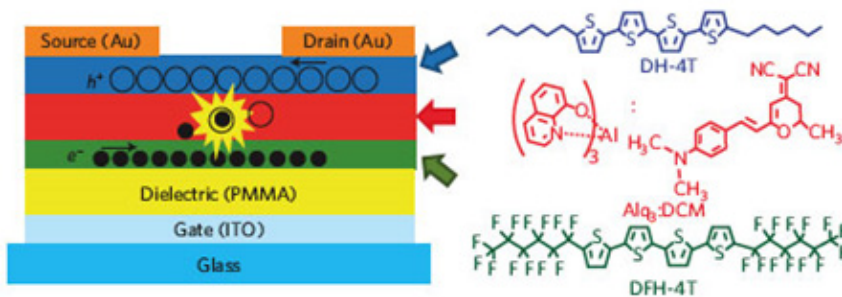
FED-tekniikan haitoiksi mainintaan mahdolliset kuolleet pikselit, mikä vaivaa myös muitakin nykyisiä näyttöjen valmistusmenetelmiä. FED-tekniikan etuna on kuitenkin se, että yhtä alipikseliä pommitetaan useilla elektronitykeillä. Yhden rikkinäisen voi tällöin korvata lisäämällä muitten voimakkuutta. Valmistamista vaikeuttaa tekniikan vaatima korkeatasoinen tyhjiö, jonka saavuttaminen ja säilyttäminen on haastavaa.

Lisää aiheesta Wikipediassa [42].

## 2.5 Orgaaninen valoa lähettävä transistori

Organic light-emitting transistor (OLET) eli orgaaninen valoa lähettävä transistori muistuttaa OLED-tekniikkaa. Molemmassa orgaaninen materiaali lähettää valoa, kun siihen kytketään jännite. OLET-tekniikan etuna on mahdollisuus rakentaa näytön aktiivimatriisi täysin transistorista. OLED tarvitsee toimiakseen erillisen ohutkalvotransistorimatriisin. Muita OLET-tekniikan etuja ovat matala jännite, suuri virkistysnopeus ja hyvä valaisuteho. Teoriassa myös niiden valmistaminen tulee olemaan myös edullisempää, sillä niiden rakenne on yksinkertaisempi. Tämä on yksi mahdollinen OLED-tekniikan korvaaja tulevaisuudessa.

OLET-elementin rakenne on kerrosmainen. Päällimmäisenä on transistorin lähde (source) sekä nielu (drain). Näiden alla on normaalista transistorista poiketen kolme orgaanisen aineen ker-



**Kuvio 21:** OLET-elementin rakenne. (Nature Publishing Group 2009, [44])

rosta, jotka tuottavat valoa. Valoa tuottavan kerroksen alla on dielektrinen aine ja transistorin hila (gate). Esimerkki kuvassa kerrokset on kasattu alimpänä näkyvän lasin päälle.

Lisää aiheesta lähteissä [43], [44] ja [45].

## 2.6 Sharpin vapaamuotoinen näyttö

Sharp esitteli CES 2015 -tapahtumassa heidän uutta Free Form Display (FFD) tekniikkaa. Suomeksi tekniikkaa voisi kutsua vapaamuotonäytöksi. Näytössä gate driver-piirit on sijoitettu suoraan pikselien sekaan. Tavallisesti nämä piirit sijaitsevat näyttöjen reunoissa minkä takia näyttöihin tarvitaan kehykset. Piirien sijoittaminen pikselien sekaan mahdollistaa näyttöjen rakentamisen erilaisiin muotoihin ja lisäksi päästään eroon näyttöjen kehyksistä.

Näyttöjä esiteltiin käytettäväksi autoissa ja puettavissa teknologioissa, kuten älykelloissa. Sharpin tavoite on aloittaa massatuotanto niin pian kuin mahdollista. Näytölle löytyy varmasti paljon käyttökohteita, mikäli hinta on vain sopiva.

Lisää aiheesta lähteissä [46] ja [47].



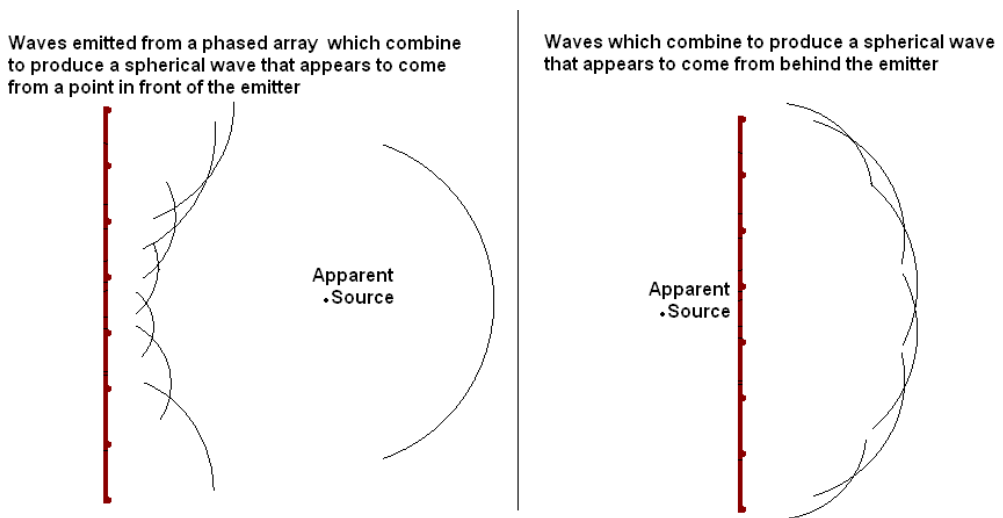
**Kuvio 22:** Demossa näyttö on upotettu auton paneeliin. Vapaamuototekniikka mahdollistaa ohjausnappien upottamisen osittain näyttöön (Teemu Hynninen 2015, [47]).

## 2.7 Vaiheistettu ryhmäoptiikka

Phased array optics (PAO) on teknologia jossa pyritään vaikuttamaan lähetettävän tai heijastuvan valon vaiheeseen nanokokoisilla rakenteilla. Teoriassa näin on mahdollista vaikuttaa dynaamisesti valon suuntaan ilman liikkuvia osia. Tekniikan erikoisuus on siinä, että sillä voisi rakentaa kolmiulotteisia näyttöjä jotka eivät tarvitse 3D-laseja toimiakseen. Näyttötekniikkaa on verrattu Star Trekin holokanteen.

Tekniikasta kerrotaan, että kun tarvittava ohjaustarkkuus saavutetaan, kuvan pitäisi muistuttaa hologrammeja. Sillä erolla että hologrammi kuvista tuttuja häiriötä kuvassa ei pitäisi olla havaittavissa. Lisäksi näyttöllä voisi näyttää liikkuvaa kuvaa.

Lisää aiheesta lähteissä [48], [49] ja [50].



**Kuvio 23:** Valolähteiden vaihetta muuttaen saadaan aikaan illuusio, jossa valolähde vaikuttaa olevan eripaikassa (Steve Bowser 2007, [50]).

## 2.8 Volumetriset näytöt

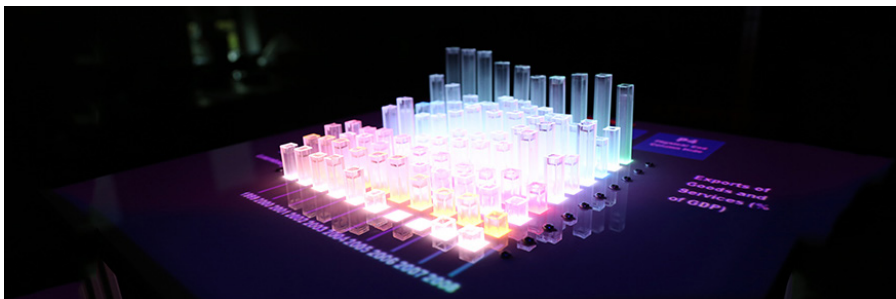
Volumetristen näyttöjen tekniikoita on erilaisia. Kaikille yhteistä on, että niillä esitetään kolmiulotteisia kohteita niin, että niitä voi katsoa eri suunnista. Nykyisillä 3D-näyttöillä kuvasta esitetään kaksi eri versiota samalla tasopinnalla. Toinen kuvista välitetään vasemmalle ja toinen oikealle silmälle. Volumetrisessä näytöissä sen sijaan ei ole tasopintaa, jossa kuva esitetään, vaan kuva esitetään fyysisesti oikeasti kolmiulotteisessa tilassa. Tila, jossa kuva esitetään, voi olla tekniikasta riippuen kuution, sylinterin, puolipallo tai jokin erikoisempi.

Seuraavaan on kerätty muutama mielenkiintoinen tekniikka, lisää aiheesta Wikipediassa [51].

## Pylväsnäytöt

Pylväsnäytöt sopivat osittain kolmiulotteisen tiedon esittämiseen. Näytöt koostuvat pylväistä joiden korkeutta voidaan muuttaa. Tekniikka soveltuu hyvin tilastojen ja pintojen esittämiseen. Pylväiden väriä muuttamalla näytöistä saadaan myös enemmän hyötyä irti. Tekniikka kuitenkin mahdollistaa vain korkeustiedon esittämisen, eikä sovellu monimutkaisten kolmiulotteisten esineiden esittämiseen. Näyttöjä on kehitetty ainakin Lancaster University ja Massachusetts Institute of Technology (MIT). Kuvio 24 on Lancaster Universityn CHI 2015 -tapahtumassa esittelemästä demosta. MIT esittelee puolestaan videossa useita erilaisia tapoja, joilla näyttö voi toimia vuorovaikutuksessa käyttäjän ja esineiden kanssa. Video kannattaa käydä katsomassa lähteestä [52].

Lisää aiheesta lähteissä [52] ja [53].

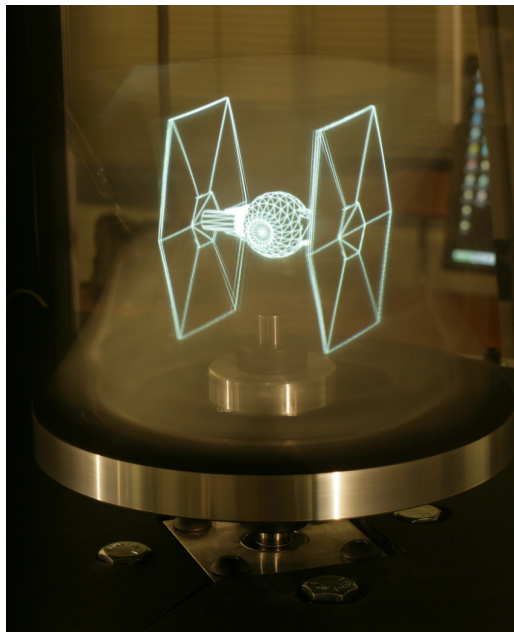


**Kuvio 24:** Tilastot on helpompi hahmottaa kun sellainen näkee kolmiulotteisesti (Phys.org 2015, [53]).

## 360° Light Field Display

Tämä tekniikka on University of Southern Californian kehittämä edullinen 3D-näyttö, jota voi katsoa useista eri suunnista ilman erillisiä silmälasia. Sisältö päivitetään 200 kertaa sekunnissa, mikä mahdollistaa interaktiivisen median tuottamisen näytölle.

Näyttö toimii projektorilla, joka lähettää kuvia suurella nopeudella. Kuva heijastetaan nopeasti pyörivään peilipintaan. Kun projektorin lähettämä video synkronoidaan peilin



**Kuvio 25:** Tie-fighter hologrammia voi katsoa eri suunnista (The Graphics Lab at the University of Southern California 2008, [54]).



liikkeeseen, saadaan eri suuntiin näkymään esitettävä kohde eri suunnista. Tekniikka toimii hyvin kun kohdetta tarkastellaan samalta korkeudelta. Esittelyvideossa esitetään myös ratkaisu jossa kameran/katsojan liikkeitä seuraamalla voidaan kohdetta myös katsoa eri korkeudelta.

Lisää mielenkiintoista materiaalia projektin sivulta [54].

### Voxiebox

Voxiebox perustuu tekniikkaan, jossa on nopeasti liikkuva heijastuspinta, johon lähetään projektorilla nopeasti tuhansia kuvia geometrian siivuista. Ihmissilmä ei pysty havaitsemaan nopeasti vaihtuvia pintoja vaan kokee näkevänsä kolmiulotteisen kuvan. Näyttöä voi katsoa joka puolelta ilman erityisiä 3D-laseja.



**Kuvio 26:** Hologrammi šakkia voi jo pelata laboratoriossa. (Gavin Smith 2015, [56])

Valmistaja kertoo sivuillaan tuotteen olevan valmis tuotantoon, ehkä tällaisia näyttöjä on nähtävissä lähitulevaisuudessa mainoskäytössä. Kuluttajaversioita luultavasti joudutaan vielä odottamaan useampi vuosi.

Lähteinä valmistajan sivu [55] ja heidän YouTube video [56].

## voLumen

voLumen on Maximilian Malin kehittämä volumetrinen näyttö. Näyttö perustuu lapoihin, joihin on upotettu RGB ledejä. Lapoja on näytössä useassa kerroksessa. Näitä lapoja pyöritetään nopeasti ja ledeissä näytetään valoa sopivasti ajoitettuna. Näin saadaan aikaan illuusio kolmiulotteisista kohteista, joita voi katsoa eri suunnista. Näytön nopeasti pyörivät lavat on sijoitettu lasikuvun alle.

Näytöllä voidaan esittää monivärisiä kohteita ja näyttö toimii videoiden perusteella vakaasti. Huonoina puolina näytössä on pieni resoluutio korkeussuunnassa. Kohteita ei voi myöskään esittää näytön keskikohdassa. Videon perusteella näyttö on kuitenkin erittäin vaikuttava näky.

Lisää aiheesta kehittäjän sivulla [57].



Kuvio 27: voLumen näytön rakenne ja esimerkit käytöstä (Maximilian Mali 2014, [57]).

### 3. TESTIT JA DEMOT

Saimme lainaan muutamia näyttödemoja ja lisäksi hankimme yhden peilinäytön testattavaksi. Tässä kappaleessa käymme läpi ensin näyttödemot ja perehdytään tämän jälkeen peilinäyttöön. Navdyn HUD-ratkaisu oli myös tarkoitus testata, mutta sen saama suuri suosio siirsi laitteen valmistuksen syksyyn.

#### 3.1 E-paperi demot

Saimme lainaan kaksi e-paperidemoa. Näiden näyttöjen erikoisuus on siinä että ne kuluttavat sähköä vain kun niiden tilaa muutetaan. Valmistaja lupaa kuvan säilyvän kaksi vuotta ilman sähköä. Näytöt eivät ole taustavalaistuja, joten ne eivät ole luettavissa hämärässä, mutta auringonvalossa niiden lukeminen onnistuu mainiosti. Käytännössä e-paperi vastaa ominaisuuksiltaan normaalia paperia. E-paperi demot oli täysin luettavissa hyvinkin jyrkistä kuvakulmista. Demoihin oli valmiiksi ladatut kuvat, joita emme päässeet muuttamaan. Kokeilimme lukea kuvissa olevat viivakoodit ja niiden lukeminen onnistui ongelmitta.



**Kuvio 28:** Kaksi e-paperi demoa, kuva säilyy vaikka näytöt on irrotettu ohjaimesta. Viivakoodin pystyy lukemaan ongelmitta.

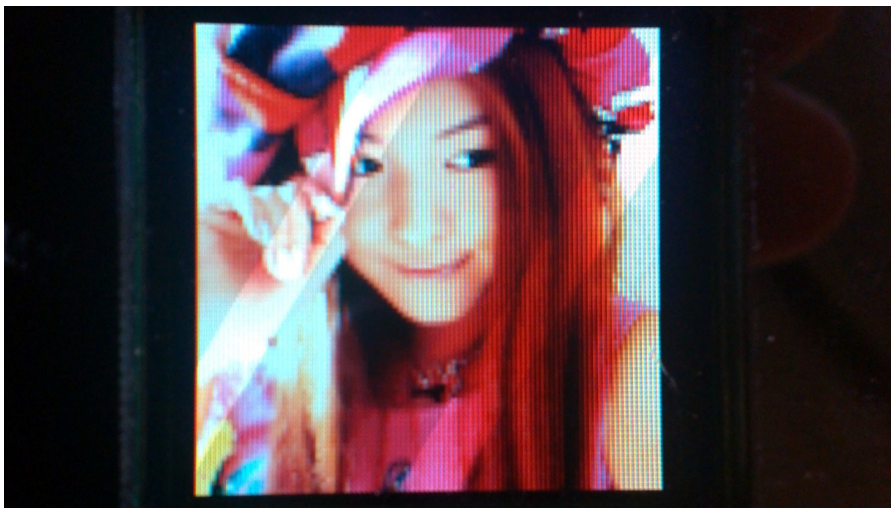
Autossa E-paperille ei välttämättä löydy hyvää käyttökohdetta ja käyttöä saattaa rajoittaa myös  $0\text{ }^{\circ}\text{C} - 50\text{ }^{\circ}\text{C}$  käyttölämpötila. Pitää tuki huomata, että muiden valmistajien E-paperinäytöissä voi olla erilaiset käyttölämpötilat. E-paperi on erinomainen ratkaisu laitteisiin, joissa on pieni akku, vähäinen virrankulutus ja missä kuvaa tarvitsee päivittää harvoin.

#### 3.2 PMOLED-demo

Testattavaksi saatiin myös Passive Matrix Organic Light Emitting Diode (PMOLED)-näyttö. Demonäytön luvattiin olevan optisesti erittäin hyvin luettavissa, koska niissä on lähes  $180^{\circ}$  katse-  
lukulma ja erittäin hyvä kontrasti. Näytölle luvattiin myös todella laaja käyttölämpötila-alue ja että niissä on monia liitäntä muotoja. PMOLED näytöt ovat AMOLED näyttöjä huomattavasti pienempiä, mutta myös huomattavasti edullisempia valmistaa. OLED-näyttöistä kerrotaan tarkemmin kappaleessa 1.1.

## Testaus

Silmämääräisesti katsottuna näyttö täyttää lupaukset sisävalaistuksessa. Demossa ei ollut animaatioita joten näytön suorituskyky jää osittain arvailujen varaan. Kuvat tuntuivat kummin-kin vaihtuvan nopeasti ja silmämääräisesti edellisen kuvan haamua ei ollut havaittavissa kuvan vaihtuessa. Demossa oli havaittavissa virkistyksestä johtuvaa välkkymistä. Kuviossa 29 näkyy hyvin tämä ilmiö, silmille tämä onneksi ei ole yhtä ilmeinen. Tämä saattaa myös johtua demon toteutuksesta, eikä välttämättä liity itse näyttöön.



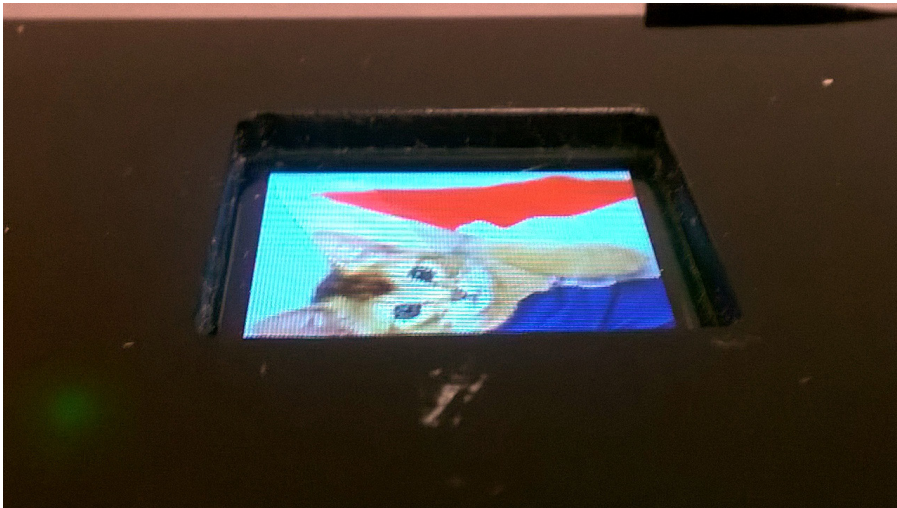
**Kuvio 29:** Kameralla otetussa kuvassa virkistäminen näkyy hyvin, silmin nähtynä pientä välkkymistä on myös havaittavissa, mutta ei yhtä selvästi kuin tässä kuvassa.

Näyttö on lupauksen mukaisesti luettavissa suurista kulmista. Demonäyttö oli upotettu jonkin verran kuoren alapuolelle, joten äärimmäisiä kulmia ei voitu tarkistaa. Kumminkin katsottavissa olevat kulmat toimivat hyvin. Kuviossa 30 on nähtävissä näyttö sivusta päin katsoen.

Huonevalaistuksessa näyttö toimii, mutta auringonvalossa näytön lukeminen on vaikeaa. Tämä on nähtävissä kuviosta 31. Täytyy toki huomata, että suora auringonpaiste on ongelmallinen lähes kaikille näytöille ja demonäyttö suoriutui testissä kohtalaisen hyvin.

## Mahdollinen käyttö

PMOLED näyttöjä voidaan käyttää laitteissa joihin tarvitaan pientä näyttöä kuten digitaalika-meroissa. Puhelimitäyttöä voi käyttää lisänäyttönä. Autossa näytöllä voi esittää auton tilatietoja ja varoituksia. Näyttöjen pieni resoluutio on suurin rajoittava tekijä.



**Kuvio 30:** Näyttö oli upotettu demolaitteen sisälle, mikä esti äärimmäisten katselukulmien tarkistamisen. Nähtävissä olevista kulmista näyttö toimi ongelmitta.



**Kuvio 31:** Auringonpaisteessa kuva vaikuttaa himmeältä.

### 3.3 Lumineq TASEL

TASEL on ohutkalvoelektroluminesenssinäyttöjen erityisversio. Erityistä näytössä on, että siitä näkee täysin läpi kun jännitettä ei ole kytketty sen elementteihin. Kun jännite kytketään näytön elementtiin, alkaa se lähettää valoa joka suuntaan ja näyttöä voi katsoa myös toiselta puolelta. Näyttöjä valmistaa Beneq ja heillä on myös saman tekniikkaan perustuvia TFEL-näyttöjä joista ei näe läpi. Valmistaja kertoi TASEL ja TFEL-näyttöjen toimivan  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  lämpötiloissa, mutta ohjauselektronikka rajoittaa lämpötilat alueelle  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $-85\text{ }^{\circ}\text{C}$ . TFEL-näytöt on rakennettu kestävämmän kovaa käyttöä. Niiden luvataan kestävän jopa 200 g-voiman shokkeja.

## Demonäyttö

Testattavaksi saatu demonäyttö oli ELT 160.80.50. Siinä on 160 x 80 pikselin matriisinäyttö. Näytön luminanssi on 19 cd/m<sup>2</sup> kun sitä päivitetään 60 kertaa sekunnissa ja 75 cd/m<sup>2</sup> kun päivitysnopeus on 240 Hz. Ensivaikutelma näytöstä oli hämmennys. Demo oli rakennettu läpinäkyvistä muovilevyistä ja ensimmäinen reaktio oli, että missä näyttö on? Lattakaapeli kumminkin paljastaa näytön sijainnin ja tarkasti katsomalla voi myös erottaa himmeästi myös näytön elementit.



Kuvio 32: TASEL-näyttödemon ensivaikutelma; missä näyttöpinta on?

## Testaus

Sisätiloissa näyttö on helposti luettavissa ja erittäin vaikuttava näky. Sateisella säällä ja hämärässä näyttö toimii myös hyvin. Pilvisellä säällä kuva vaikuttaa hieman himmeältä, mutta on edelleen hyvin luettavissa. Auringonpaisteessa ELT 160.80.50 näyttö on kumminkin liian himmeä. Testinäyttö on nähtävissä eri valaistuksissa kuviossa 34.

Beneqin edustaja kertoi, että heidän segmenttinäytöt sopivat paremmin ulkokäyttöön. Esimerkiksi ELT15S-1500 -näytön luminanssi on 1500 cd/m<sup>2</sup> ja pitäisi olla luettavissa myös kirkaallakin säällä.

Testinäytön katselukulma oli erinomainen, kuvasta 35 on nähtävissä, että kuva on luettavissa äärimmäisistäkin kulmista katsottaessa. Ylhäältä päin katsottaessa näytössä



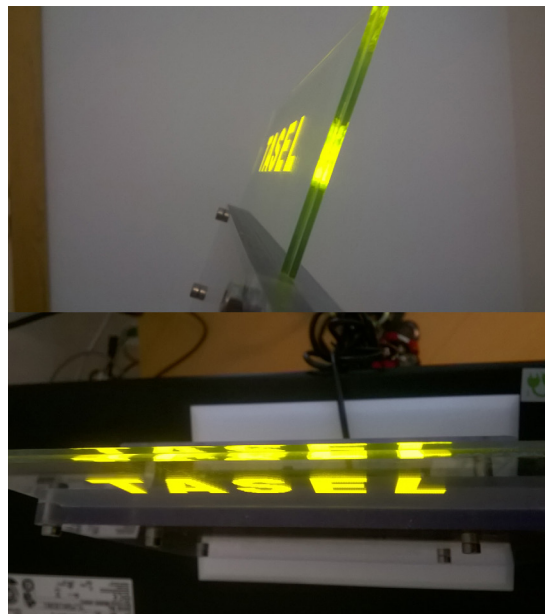
Kuvio 33. ELT15S-1500 segmenttinäytön valovoimakkuus on moninkertainen pistematriisiin verrattuna (Beneq Products Oy, 2014, [59]).

oli havaittavissa heijastusilmiö. Heijastus kumminkin jää varsinaisen kuvan taakse eikä ole haitaksi. Läpinäkyvää näyttöä voi katsoa myös takaapäin, mutta tekstin lukeminen on toki vaikeampaa.

Näyttödemon animaatiot pyörivät sujuvasti, päivitysnopeus oli luultavasti 60 Hz. Silmämääräisesti katsoen haamukuvioita ei ollut havaittavissa.



**Kuvio 34:** ELT 160.80.50 toimii erinomaisesti sisällä. Auringonpaisteissa kuva on liian himmeä, mutta pilvisellä ja sateisella säällä näyttö toimii hyvin.



**Kuvio 35:** Näyttö on luettavissa hyvinkin suurista katselukulmista. Ylhäältä päin katsoessa näytön takana näkyy heijastus, mutta teksti on edelleen luettavissa.

## Mahdollinen käyttö

TASEL-näyttöä voidaan käyttää autossa mittariston tietoja ja vaikkapa navigointiohjeiden esittämiseen. Näytöt voidaan sijoittaa tuulilasien alaosaan, josta ne hieman nopeampi vilkaista kuin perinteinen mittaristo. HUD-toteutukseen näyttö ei kumminkaan oikein sovellu, sillä katse pitää kohdistaa edelleen lähemmäs jolloin tietä ei erota kunnolla. Vastaavasti kun katseen kohdistaa kauemmas, ei lähellä olevan TASEL-näytön elementtejä erota selvästi. TASEL-näytöt sopivat Suomen oloihin hyvin ja niiden pitäisi toimia ongelmitta kovassakin pakkasessa.

### 3.4 Peilinäyttö

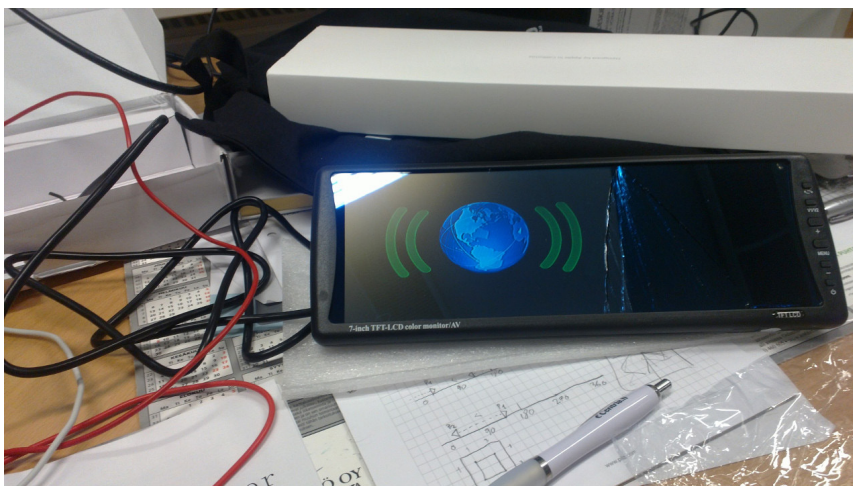
Peilinäytössä on heijastavan pinnan takana nestekidenäyttö ja valonlähde. Käyttäjä näkee peilistä lähetettävän kuvan kun näytön lähettämä valo on voimakkaampaa kuin peilistä muuten heijastuva valo. Kun näytöstä katkaistaan virta, toimii laite normaaliin peilin tapaan.

Lisää tietoja laitteesta valmistajan kotisivulla [58].

### Testattavaksi valittu näyttö

Saatavilla on muutamia malleja peruutuspeilin korvaavista peilinäytöistä. Testiin valittiin Eonon Lo416 7-tuuman näyttö. Näyttö toimii 12 voltilla ja siinä on liittimet kahdelle videolähteelle. Toiseen on tarkoitus kytkeä peruutuskamera ja toisen voi ottaa omaan käyttöön. Molemmat liittimet ottavat vastaan analogista komposiittivideota ja käytännössä niihin voi kytkeä minkä tahansa videolähteen.

Näytön lasi oli vaurioitunut kuljetuksessa, mutta muuten näyttö oli täysin toimiva. Uusi näyttö ei ehtinyt ajoissa perille ja testi suoritettiin osittain rikkiäisellä laitteella. Tilalle on saatu ehjä versio joka toimii täysin samoin kuin testin vaurioitunut. Ainoa ero ovat lasissa näkyvät railot, jotka onneksi sattuivat sopivasti kuvan ja peilialueen reunaan. Peilin oikea reuna toimii aina täysin peilinä.

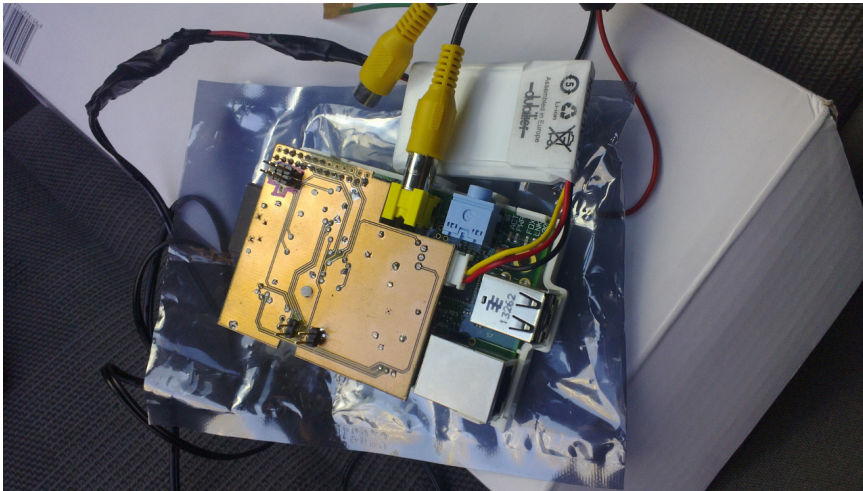


**Kuvio 36:** Kuljetuksessa näytön suojalasi oli vaurioitunut, muuten näyttö toimi ongelmitta.



## Testiasennus

Testiä varten tehtiin Raspberry Pi (RPI) -tietokoneeseen pieni sovellus, joka lähetti näytölle kuvia mahdollisista käyttökohteista. RPI valittiin kuvälähteeksi siinä olevan sopivan videolähdön mukaan. Testin aikana RPI sai käyttöjännitteen erillisestä akusta. Centrialla on rakennettu RPI:lle lisäosa, jonka avulla laite toimii akulla sähkökatkon aikana, tässä tapauksessa lisäosa toimii ainoana teholähteenä. Näytölle virta saatiin ottamalla vanha puhelimen autolaturi uusiokäyttöön.



**Kuvio 37:** Raspberry Pi -tietokone toimii kuvälähteenä. Käyttöjännite otettiin akusta.

Näytön kiinnitys onnistui helposti kiinnittämällä se suoraan alkuperäisen peruutuspeilin päälle. Johto meni häikäisysuojan alta ja sivupaneelia pitkin alas niin, ettei se ollut näkyvillä ajettaessa. Peiliin menee vain yksi kaapeli, mikä helpottaa asennusta. Kaapelissa kulkee käyttöjännite ja kaksi videosignaalia.



**Kuvio 38.** Peilinäyttö asennettu alkuperäisen peruutuspeilin päälle.

## Tulokset

Laboratoriossa videokuvasta sai hyvin selvää, mutta peilin käyttökelpoisuus aiheutti epäilystä. Ulkona auringonvalossa näytöstä puolestaan on vaikea saada selvää, vaikka näytön kirkkauden ja kontrastin säätää maksimiin. Tällöin laite kumminkin toimii erinomaisesti peilinä. Hämärässä puolestaan laite toimii erinomaisesti näyttönä ja peilinäkin kohtalaisen hyvin. Laitteen koko oli testihenkilön mielestä liian iso, sillä se peittää näkymää liikaa. Erityisesti jos tie kääntyy oikealle ja nousee samalla ylöspäin. Näytössä näytetty kuva koettiin häiritseväksi ja mahdollisuus sammuttaa kuva kun sitä ei tarvita, nähtiin hyvänä ominaisuutena.



**Kuvio 39:** Yksinkertainen varoituskuva ja tekstit toimivat hyvin. Musta väri toimii edelleen peilinä.



**Kuvio 40.** Muutama viikko testien jälkeen tilalle saatiin ehjä näyttö. Kuvasta on nähtävissä, että oikea reuna on aina peilikäytössä.

## Mahdollinen käyttö

Testien perusteella peilinäytöt eivät tällaisenaan ole kovin käytännöllisiä. Niillä voi kumminkin olla käyttöä, mikäli ne integroidaan auton järjestelmiin niin, että kuski saa näytön vaivattomasti päälle ja pois. Paras käyttökohte peilinäytölle lienee peruutuskamerat johon niitä jo nykyään käytetään. Muut mahdolliset käyttökohteet ovat erikoisratkaisut, joissa kuskin pitää pystyä tarvittaessa pikaisesti vilkaisemaan lisätietoja näytöltä.



Kuvio 40: Esimerkki, jossa testikuljettajalle kerrotaan testin edistyminen ja sijainti.

## 4. JOHTOPÄÄTÖKSET

Lähitulevaisuudessa on tulossa muutamia mielenkiintoisia uusia ratkaisuja, joilla nykyisistä näytöistä saadaan joko näyttävimpiä tai edullisempia, parhaissa tapauksissa molempia. Mielenkiintoista on myös nähdä kuinka silmillä pidettävät näytöt ja volumetriset näytöt lähtevät yleistymään.

Autoihin sopii jossain määrissä kaikki perinteiset näytöt ja niiden johdannaiset. Vähän virtaa kuluttavat ratkaisut sopivat parhaiten erityisesti sähköautoihin. Sharpin vapaamuotoinen näyttö on luultavasti yksi, joka tulee yleistymään.

Testiin saatu TASEL-näyttö oli myös vakuuttava ja sopii hyvin jopa Suomen pakkasiin. TASEL- ja TFEL-näyttöjä voidaan siis nähdä autoissa lähitulevaisuudessa. Todennäköisesti vähintäänkin näitä näyttöjä otetaan käyttöön erityisajoneuvoihin.

Peilinäyttöille voi myös löytyä käyttöä. Ainakin peruutuskameran kuvan esittämiseen sellainen soveltuu. Testissä ollut peilinäyttö oli kuitenkin liian suurikokoinen, ja päivänvalossa kuvasta ei saanut selvää. Muitakin valmistajia on, ja ideana peilinäyttö on käyttökelpoinen.

### Kiitokset

Kiitokset Densitron Nordic Oy:lle e-paperi-, PMOLED- ja TASEL-näyttödemojen lainaamisesta.

## LÄHTEET

- [1] Wikipedia, "Nestekidenäyttö," [Online]. Available: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Nestekiden%C3%A4ytt%C3%B6>. [Haettu Huhtikuu 2015].
- [2] Wikipedia, "OLED," [Online]. Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/OLED>. [Haettu Huhtikuu 2015].
- [3] OLED News and Information, "PMOLED vs AMOLED - what's the difference?," [Online]. Available: <http://www.oled-info.com/pmoled-vs-amoled-whats-difference>. [Haettu Huhtikuu 2015].
- [4] Wikipedia, "See-through display," [Online]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/See-through\\_display](http://en.wikipedia.org/wiki/See-through_display). [Haettu Huhtikuu 2015].
- [5] Wikipedia, "Flexible display," [Online]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Flexible\\_display](http://en.wikipedia.org/wiki/Flexible_display). [Haettu Huhtikuu 2015].
- [6] Wikipedia, "Rollable display," [Online]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Rollable\\_display](http://en.wikipedia.org/wiki/Rollable_display). [Haettu Huhtikuu 2015].
- [7] Wikipedia, "Quantum dot display," [Online]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Quantum\\_dot\\_display](http://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_dot_display). [Haettu Huhtikuu 2015].
- [8] Wikipedia, "Quantum dot," [Online]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Quantum\\_dot](http://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_dot). [Haettu Huhtikuu 2015].
- [9] J. Vincent, "LG's 55-inch 'wallpaper' OLED display hangs on the wall with magnets," The Verge, [Online]. Available: <http://www.theverge.com/2015/5/20/8628861/wallpaper-oled-lg-display>. [Haettu Toukokuu 2015].
- [10] D. Reisinger, "LG Display shows off press-on 'wallpaper' TV under 1mm thick," CNET, [Online]. Available: <http://www.cnet.com/news/lg-displays-latest-oled-tv-sticks-to-the-wall-is-under-1mm-thick/>. [Haettu Toukokuu 2015].
- [11] Wikipedia, "Resoluutio (kuvatekniikka)," [Online]. Available: [http://fi.wikipedia.org/wiki/Resoluutio\\_%28kuvatekniikka%29](http://fi.wikipedia.org/wiki/Resoluutio_%28kuvatekniikka%29). [Haettu Huhtikuu 2015].
- [12] Wikipedia, "Retina Display," [Online]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Retina\\_Display](http://en.wikipedia.org/wiki/Retina_Display). [Haettu Huhtikuu 2015].
- [13] O.-P. Komonen, "Uudet näyttötekniikat - Näistä on näyttöjen tulevaisuus tehty," MBnet, [Online]. Available: [http://www.mbnet.fi/artikkeli/ajankohtaiset/uudet\\_nayttotekniikat\\_naista\\_on\\_nayttojen\\_tulevaisuus\\_tehdy](http://www.mbnet.fi/artikkeli/ajankohtaiset/uudet_nayttotekniikat_naista_on_nayttojen_tulevaisuus_tehdy). [Haettu Toukokuu 2015].
- [14] Wikipedia, "Collimator," [Online]. Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/Collimator>. [Haettu Huhtikuu 2015].

- [15] Wikipedia, "Head-up display," [Online]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Head-up\\_display](http://en.wikipedia.org/wiki/Head-up_display). [Haettu Huhtikuu 2015].
- [16] Navdy, "Navdy," [Online]. Available: <https://www.navdy.com/>. [Haettu Huhtikuu 2015].
- [17] Wikipedia, "Head-mounted display," [Online]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Head-mounted\\_display](http://en.wikipedia.org/wiki/Head-mounted_display). [Haettu Huhtikuu 2015].
- [18] Wikipedia, "Google Glass," [Online]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Google\\_Glass](http://en.wikipedia.org/wiki/Google_Glass). [Haettu Huhtikuu 2015].
- [19] Wikipedia, "Oculus Rift," [Online]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Oculus\\_Rift](http://en.wikipedia.org/wiki/Oculus_Rift). [Haettu Huhtikuu 2015].
- [20] Oculus VR, "Oculus Rift - Virtual Reality Headset for 3D Gaming," [Online]. Available: <https://www.oculus.com/>. [Haettu Toukokuu 2015].
- [21] Wikipedia, "HTC Vive," [Online]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/HTC\\_Vive](http://en.wikipedia.org/wiki/HTC_Vive). [Haettu Toukokuu 2015].
- [22] HTC, "HTC Re Vive," [Online]. Available: <http://www.htcvr.com/>. [Haettu Toukokuu 2015].
- [23] Wikipedia, "Project Morpheus (virtual reality)," [Online]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Project\\_Morpheus\\_%28virtual\\_reality%29](http://en.wikipedia.org/wiki/Project_Morpheus_%28virtual_reality%29). [Haettu Toukokuu 2015].
- [24] Sony, "Project Morpheus," [Online]. Available: <https://www.playstation.com/fi-fi/explore/ps4/features/project-morpheus/>. [Haettu Toukokuu 2015].
- [25] Wikipedia, "Samsung Gear VR," [Online]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Samsung\\_Gear\\_VR](http://en.wikipedia.org/wiki/Samsung_Gear_VR). [Haettu Toukokuu 2015].
- [26] Samsung, "Samsung Gear VR," [Online]. Available: <http://www.samsung.com/global/microsite/gearvr/>. [Haettu Toukokuu 2015].
- [27] Wikipedia, "Sähköpaperi," [Online]. Available: <http://fi.wikipedia.org/wiki/S%C3%A4hk%C3%B6paperi>. [Haettu Toukokuu 2015].
- [28] T. Hynninen, "Sonyn kehittelemässä kellossa e-ink-näyttö ulottautuu kellotaulusta rannekkeeseen," TaskuMuro. [Online]. [Haettu Toukokuu 2015].
- [29] FASHION ENTERTAINMENTS, "FES | TOP," [Online]. Available: <http://fashion-entertainments.com/>. [Haettu Toukokuu 2015].
- [30] Pebble, "Pebble Smartwatch," [Online]. Available: <https://getpebble.com/>. [Haettu Toukokuu 2015].

- [31] reddit, "tech\_specs - pebble," [Online]. Available: [http://www.reddit.com/r/pebble/wiki/tech\\_specs#wiki\\_display](http://www.reddit.com/r/pebble/wiki/tech_specs#wiki_display). [Haettu Toukokuu 2015].
- [32] N. Lee, "Pebble Time review: an underdog among smartwatches," Engadget, [Online]. Available: <http://www.engadget.com/2015/05/27/pebble-time-review/>. [Haettu Toukokuu 2015].
- [33] R. Whitwam, "New electronic paper could replace the dead tree kind — and whiteboards," ExtremeTech, [Online]. Available: <http://www.extremetech.com/extreme/203887-new-electronic-paper-could-replace-the-dead-tree-kind-and-whiteboards>. [Haettu Toukokuu 2015].
- [34] FogScreen, "FogScreen Projection Screen," [Online]. Available: <http://www.fogscreen.com/>. [Haettu Huhtikuu 2015].
- [35] Wikipedia, "Next generation of display technology," [Online]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Next\\_generation\\_of\\_display\\_technology](http://en.wikipedia.org/wiki/Next_generation_of_display_technology). [Haettu Huhtikuu 2015].
- [36] Wikipedia, "Time-multiplexed optical shutter," [Online]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Time-multiplexed\\_optical\\_shutter](http://en.wikipedia.org/wiki/Time-multiplexed_optical_shutter). [Haettu Huhtikuu 2015].
- [37] D. Borghino, "Next-generation TMOS displays closer to mass production," gizmag, [Online]. Available: <http://www.gizmag.com/next-gen-tmos-displays-mass-production/13167/>. [Haettu Toukokuu 2015].
- [38] Wikipedia, "Ferro Liquid Display," [Online]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Ferro\\_Liquid\\_Display](http://en.wikipedia.org/wiki/Ferro_Liquid_Display). [Haettu Huhtikuu 2015].
- [39] Wikipedia, "Interferometric modulator display," [Online]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Interferometric\\_modulator\\_display](http://en.wikipedia.org/wiki/Interferometric_modulator_display). [Haettu Huhtikuu 2015].
- [40] Wikipedia, "Mikrosysteemit," [Online]. Available: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Mikrosysteemit>. [Haettu Huhtikuu 2015].
- [41] MobileRead Wiki, "Mirasol Display," [Online]. Available: [http://wiki.mobileread.com/wiki/Mirasol\\_Display](http://wiki.mobileread.com/wiki/Mirasol_Display). [Haettu Huhtikuu 2015].
- [42] Wikipedia, "Field emission display," [Online]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Field\\_emission\\_display](http://en.wikipedia.org/wiki/Field_emission_display). [Haettu Huhtikuu 2015].
- [43] K. Kudo, "Organic light emitting transistors," Current Applied Physics, osa/vuosik. 5, nro 4, pp. 337-340, 2005.
- [44] Nanowerk, "Organic light-emitting transistors outperforming OLEDs," [Online]. Available: <http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=16162.php>. [Haettu Huhtikuu 2015].
- [45] Wikipedia, "Organic light-emitting transistor," [Online]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Organic\\_light-emitting\\_transistor](http://en.wikipedia.org/wiki/Organic_light-emitting_transistor). [Haettu Huhtikuu 2015].

- [46] M. Pitkänen, "Tulevaisuudessa näytöt voivat olla minkä tahansa muotoisia," Hardware.fi, [Online]. Available: [http://www.hardware.fi/uutiset/artikkeli.cfm/2014/06/19/tulevaisuudessa\\_naytot\\_voivat\\_olla\\_minka\\_tahansa\\_muotoisia](http://www.hardware.fi/uutiset/artikkeli.cfm/2014/06/19/tulevaisuudessa_naytot_voivat_olla_minka_tahansa_muotoisia). [Haettu Toukokuu 2015].
- [47] T. Hynninen, "Sharp demosi CES 2015 -messuilla muotoon leikattavaa näyttöteknologiaa (FFD)," [Online]. Available: <http://teemuhynninen.fi/2015/01/sharp-demosi-ces-2015-messuilla-muotoon-leikattavaa-nayttoteknologiaa-ffd/#more-1202>. [Haettu Toukokuu 2015].
- [48] Wikipedia, "Phased-array optics," [Online]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Phased-array\\_optics](http://en.wikipedia.org/wiki/Phased-array_optics). [Haettu Huhtikuu 2015].
- [49] B. Wowk, "Phased Array Optics," [Online]. Available: <http://www.phased-array.com/>. [Haettu Toukokuu 2015].
- [50] L. Campbell ja S. Bowers, "Orion's Arm - Encyclopedia Galactica - Optical Phased Arrays," [Online]. Available: <http://www.orionsarm.com/eg-article/49d2d77d2227b>. [Haettu Toukokuu 2015].
- [51] Wikipedia, "Volumetric display," [Online]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Volumetric\\_display](http://en.wikipedia.org/wiki/Volumetric_display). [Haettu Huhtikuu 2015].
- [52] A. Souppouris, "MIT's shapeshifting display lets you reach out and touch someone," The Verge, [Online]. Available: <http://www.theverge.com/2013/11/13/5098926/mit-inform-dynamic-shape-display-video>. [Haettu Toukokuu 2015].
- [53] Phys.org, "Shape changing display could spell the end for the 2D graph," [Online]. Available: <http://phys.org/news/2015-04-2d-graph.html>. [Haettu Toukokuu 2015].
- [54] A. Jones, I. McDowall, H. Yamada, M. Bolas ja P. Debevec, "Rendering for an Interactive 360° Light Field Display," University of Southern California, [Online]. Available: <http://gl.ict.usc.edu/Research/3DDisplay/>. [Haettu Toukokuu 2015].
- [55] VOXON, "Voxiebox," [Online]. Available: <http://www.voxiebox.com/>. [Haettu Toukokuu 2015].
- [56] G. Smith, "Voxiebox featuring Q3D 360 Degree Performance Capture - YouTube," VOXON, [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=hi1UiGr6low>. [Haettu Toukokuu 2015].
- [57] M. Mali, "voLumen," [Online]. Available: <http://maxmali.com/volumen/>. [Haettu Toukokuu 2015].
- [58] Eonon, "Eonon Lo416 | Car Monitors | Rear View Mirror Monitor," [Online]. Available: <http://www.eonon.com/Car-Monitors/Rear-View/Lo416.html>. [Haettu Huhtikuu 2015].

- [59] Beneq Products Oy, "ELT15S-1500 - Technical data sheet," [Online]. Available: <http://lumineq.com/en/products/tasel>. [Haettu Toukokuu 2015].
- [60] KDE, "Oxygen projekti," [Online]. Available: <http://www.kde.org/>. [Haettu Huhtikuu 2015].
- [61] R. Sinha, "Nokia Showcases Two-Fold, Three-Fold Flexible 5.9-Inch OLED Displays," NDTV Gadgets, [Online]. Available: <http://gadgets.ndtv.com/mobiles/news/nokia-showcases-two-fold-three-fold-flexible-59-inch-oled-displays-539099>. [Haettu Toukokuu 2015].



## TULEVAISUUDEN NÄYTTÖRATKAISUT

Tässä julkaisussa käydään läpi uusia ja tulevia näyttöteknologioita Näkökulma aiheeseen on uusien näyttöjen mahdollinen käyttö autoissa, mutta myös muita kiinnostavia tekniikoita on kartoitettu.

Julkaisu on jaettu osiin, joista ensimmäisessä tutustutaan olemassa oleviin ja pian tulossa oleviin mielenkiintoisiin näyttöratkaisuihin.

Tätä seuraa osio, jossa käsitellään tulevia ja uusia tekniikoita, jotka eivät ole vielä laajassa kaupallisessa käytössä.

Kolmannessa osiossa käydään läpi muutamia lainattuja ja hankittuja näyttödemoja.

Lopussa on yhteenveto, jonne on poimittu ne tekniikat, joita olisi mahdollista käyttää autoissa.

Centria. Raportteja ja selvityksiä, 1

ISBN 978-952-6602-88-2

ISSN 2342-933X