



## **Lisätyn todellisuuden älylasien toiminnallisuudet, käyttäjäkokemukset ja tulevaisuuden näkymät**

Oskari Liimatta, Mikko Linna

Haaga-Helia ammattikorkeakoulu  
Tradenomi, tietojenkäsittelyn koulutusohjelma  
Opinnäytetyö  
2023

## Tiivistelmä

<b>Tekijä(t)</b> Oskari Liimatta, Mikko Linna
<b>Tutkinto</b> Tradenomi, tietojenkäsittely
<b>Raportin/Opinnäytetyön nimi</b> Lisätyn todellisuuden älylasien toiminnallisuudet, käyttäjäkokemukset ja tulevaisuuden näkymät
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b> 43
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää lisätyn todellisuuden älylasien käyttötapauksia, mitkä ovat niiden teknologiset ominaisuudet, mihin tarkoituksiin niitä hyödynnetään teollisessa sekä kuluttajakäytössä, miltä niiden tulevaisuus vaikuttaa ja niiden käyttäjäkokemuksia. Tutkimusksymyksiksi muodostui "Miten lisätyn todellisuuden älylasit vastaavat kuluttajien ja teollisuuden tarpeita?" ja "Mitkä tekijät vaikuttavat lisätyn todellisuuden älylasien yleistymiseen tulevaisuudessa?".</p> <p>Tietoperustassa hyödynnettiin tietokirjallisuutta kuten aikaisempia tutkimuksia AR-älylaseista sekä artikkeleita. Lähteiden avulla kerättiin tietoa AR-älylasien toiminnallisuudesta, teknologisista ominaisuuksista ja käyttötapauksista.</p> <p>Empiirisessä osassa laadittiin kyselylomake, jolla pyrittiin täydentämään tietoperustassa tutkittua tietoa. Kyselyn kohderyhmänä oli AR-älylaseja käyttäneet henkilöt. Kyselyssä selvitettiin muun muassa mitä hyötyjä AR-älylasit tarjoavat käyttäjille sekä mitä parannettavaa niissä on. Kyselyssä selvitettiin lisäksi, miten todennäköistä on, että AR-älylasit korvaavat tulevaisuudessa älypuhelimet. Kyselylomake jaettiin sähköpostitse alan tutkijoille ja yrityksille sekä internetyhteisöihin, jotka liittyivät AR-teknologiaan.</p> <p>Tutkimustulokset osoittavat, että AR-älylasien suurin hyöty on kokemusten tehostaminen. Vastaajien mukaan AR-älylasien ominaisuuksista parannusta kaipaisivat eniten näkökenttä, optiikka ja resoluutio sekä paino. Vastaajat olivat vaihtelevaa mieltä siitä, korvaavatko AR-älylasit tulevaisuudessa älypuhelimet, mutta keskimäärin vastaajat olivat enemmän sitä mieltä, että ne korvaisivat älypuhelimet.</p>
<b>Asiasanat</b> Lisätty todellisuus, älypuhelimet, tulevaisuus

# Sisällys

1	Johdanto .....	1
1.1	Käsitteet .....	2
2	Lisätyn todellisuuden älylasien nykyhetki ja tulevaisuus .....	3
2.1	Median sukupolvet .....	3
2.2	Mitä on lisätty todellisuus? .....	3
2.3	Erot lisätyn todellisuuden ja virtuaalisen todellisuuden välillä .....	4
2.4	Mitä ovat AR-älylasit? .....	4
2.5	AR-älylasien käyttötapaukset tällä hetkellä .....	5
2.6	AR-älylasien tekniset ominaisuudet .....	8
2.6.1	Paikannus- ja seurantatekniikka .....	8
2.6.2	Laitteiden ja optiikoiden eri tyypit .....	9
2.6.3	Käyttöliittymä ja vuorovaikutusmenetelmät .....	10
2.7	AR-älylasien tekniset tavoitteet ja haasteet .....	11
2.8	Kompromissit parametrien välillä ja niiden ratkaiseminen .....	12
2.9	AR-älylasit kuluttajasektorilla .....	13
2.10	Älylasien arviointi ja valinta teolliseen käyttöön .....	14
2.11	AR-älylaseihin käytettävä budjetti .....	15
2.12	Tärkeimpien parametrien arviointi .....	15
2.13	Jäljellä olevien tuotteiden kattava arviointi .....	18
2.14	Lisätyn todellisuuden älylasien tulevaisuuden näkymät .....	20
2.14.1	Potentiaalit tulevaisuudessa .....	20
2.14.2	Haasteet tulevaisuudessa .....	21
3	Lisätyn todellisuuden älylasien käyttäjien kokemukset ja mielipiteet .....	23
3.1	Kyselytutkimus .....	23
3.2	Tutkimuksen tavoite ja kohderyhmä .....	23
3.3	Kyselyn sisältö ja toteutus .....	23
3.4	Kyselyn tulokset .....	24
3.4.1	Kyselytulosten yhteenveto .....	34
4	Pohdinta .....	35
4.1	Johtopäätökset .....	35
4.2	Kyselyn tulosten pohdinta .....	36
4.3	Tutkimuksen merkittävyys ja haasteet .....	37
4.4	Tutkimuksen luotettavuus ja eettisyys .....	37
4.5	Oman oppimisen reflektointi .....	38
4.6	Ehdotuksia jatkotutkimukselle .....	38
5	Lähteet .....	39

# 1 Johdanto

Lisätyn todellisuuden älylasit eli AR-älylasit ovat uutta, puettavaa teknologiaa, jotka saattavat korvata älypuhelimet tulevaisuudessa. Älylaseilla käyttäjän ei tarvitse katsoa alas puhelimen näyttöä vaan digitaalinen sisältö ja todellisen maailman näkymä yhdistetään käyttäjän näkökentässä. (Nyc Media Lab 2021.)

Lisätyn todellisuuden teknologia on herättänyt suurta kiinnostusta sekä yritysten että tutkimuslaitosten keskuudessa. Teknologiajätit kuten Facebook, Microsoft ja Apple ovat panostaneet merkittäviä resursseja AR-teknologiaan. Myös useat tutkimuslaitokset ja yliopistot ympäri maailman ovat panostaneet AR-teknologian tutkimiseen. Nämä tekijät ovat tukeneet AR-älylasien nopeaa kehitystä ja arvellaan, että AR-teknologiaa tullaan hyödyntämään yhä enemmän peli-, urheilu- ja viihdesektorien kuluttajasovelluksissa. (Simone 2021; Chen, Wang, Chen, Song, Tang & Tian 2019, 1) Markkinoiden odotetaan kasvavan voimakkaasti seuraavan vuosikymmenen aikana (Vynz Research, 2021). Useat teknologiayritysten nykyiset tai entiset toimitusjohtajat, kuten Tim Cook (Apple), Mark Zuckerberg (Facebook) ja DJ Koh (Samsung) uskovat, että AR-älylasit tulevat olemaan vallankumouksellinen laite. (Simone 2021.)

Valitsimme aiheeksi lisätyn todellisuuden älylasit opinnäytetyölle, koska se edustaa ajankohtaista ja innovatiivista teknologiaa, joka herättää paljon kiinnostusta ja potentiaalia eri aloilla, kuten viihteessä, koulutuksessa, teollisuudessa ja terveydenhuollossa.

Tavoitteenamme on saada kattava käsitys siitä, miten AR-älylasit toimivat ja mihin tarkoituksiin niitä voi käyttää teollisessa sekä kuluttajakäytössä. Haluamme lisäksi selvittää, mitkä tekijät vaikuttavat niiden leviämiseen tulevaisuudessa. Tutkimuksessamme pyrimme vastaamaan kahteen tutkimuskysymykseen: "Miten lisätyn todellisuuden älylasit vastaavat kuluttajien ja teollisuuden tarpeita?" ja "Mitkä tekijät vaikuttavat lisätyn todellisuuden älylasien yleistymiseen tulevaisuudessa?".

Empiirisessä tutkimusosiossammme suoritamme verkkokyselyn, jonka päämääränä on kerätä tietoa käyttäjien kokemuksista AR-älylaseista sekä ymmärtää, kuinka hyödyllisiksi he ne arvioivat. Kyselyssä kysymme ihmisiltä myös missä AR-älylasien ominaisuuksissa olisi eniten parannettavaa. Tämän lisäksi selvitämme, miten todennäköisenä vastaajat pitävät sitä, että AR-älylasit korvaavat älypuhelimet tulevaisuudessa sekä mitä tämä vaatisi laseilta. Käytämme kyselyssä kvalitatiivisia ja kvantitatiivisia tutkimusmenetelmiä, sillä kysely koostuu monivalinta-, sekä avoimista kysymyksistä.

Älylaseilla tarkoitetaan laseja, jotka pystyvät näyttämään käyttäjän näkökentässä hyödyllistä tietoa. Tieto voi olla esimerkiksi tekstiviesti, syke, saapuva puhelu tai reittiohjeet. Älylasit saavuttavat tämän yleensä läpinäkyvällä näytöllä, johon lasit heijastavat tiedon. (Road to VR 2018.)

Lisätyn todellisuuden laseissa digitaalinen tieto esitetään kuin se olisi osa reaali maailmaa. Lisätyn todellisuuden lasit pystyvät siis lisäksi havaitsemaan ympäröivän maailman ja esittämään tiedon niin kuin se olisi osa todellista maailmaa eikä pelkkä heijastus näytöllä. (Road to VR 2018.) Lisätyn todellisuuden laseissa lisätty tieto voi olla siis esimerkiksi 3D-objekti kuten jalkapallo, joka näyttää kuuluvan todelliseen maailmaan.

Käytämme opinnäytetyössämme lisätyn todellisuuden älylasit-termiä kattoterminä kaikille älylasille sekä lisätyn todellisuuden laseille. Rajaamme siis opinnäytetyömme lisätyn todellisuuden älylaseihin. Näillä tarkoitamme kaikkia päähän puettavia laitteita, joilla käyttäjä pystyy näkemään samanaikaisesti todellisen maailman sekä digitaalista tietoa. Lisäystä todellisuudesta puhuttaessa

mainitaan usein myös VR (virtuaalinen todellisuus) tai MR (yhdistetty todellisuus), mutta opinnäytetyömme keskittyy pelkästään AR-älylaseihin.

## 1.1 Käsitteet

**Lisätyn todellisuuden älylasit / AR-älylasit:** Pään puettava laite, jolla käyttäjä pystyy näkemään samanaikaisesti todellisen maailman sekä digitaalista tietoa.

**Graafinen elementti:** Virtuaaliset objektit, jotka näkyvät käyttäjälle reaaliympäristöön yhdistettyinä. Nämä elementit luovat interaktiivisen kokemuksen käyttäjälle, jossa digitaalinen sisältö ja fyysinen maailma yhdistyvät.

**Lisätty todellisuus:** Lisätty todellisuus on interaktiivinen, digitaalisten elementtien kuten visuaalisten kuvien, äänien ja muiden aistiärsykkeiden rikastama versio todellisen maailman ympäristöstä, joka toteutetaan käyttämällä holografista teknologiaa. Lisätyn todellisuuden kolme keskeistä ominaisuutta ovat digitaalisen ja fyysisen maailman sulautuminen, reaaliaikainen vuorovaikutus sekä virtuaalisten ja todellisten objektien tarkka 3D-tunnistus. (Microsoft s.a.b)

**Näkökenttä:** Alue, jonka henkilö kykenee näkemään joko omilla silmillään tai optisen laitteen, kuten kameran kautta. Ilmoitetaan esimerkiksi asteina. (Awati s.a.)

**Optiikka:** Valo-opin hyödyntämistä laitteistossa. (Cambridge dictionary s.a.)

## 2 Lisätyn todellisuuden älylasien nykyhetki ja tulevaisuus

Tässä luvussa tarkastellaan lisätyn todellisuuden (AR) älylaseja. Ensin analysoimme median sukupolvia ja määrittelemme lisätyn todellisuuden käsitteen. Selvitämme myös eron lisätyn todellisuuden ja virtuaalisen todellisuuden välillä ennen AR-älylasien tutkimista yksityiskohtaisemmin.

Tarkastelemme AR-älylasien nykyisiä käyttökohteita ja teknisiä ominaisuuksia, mukaan lukien paikannus- ja seurantatekniikat, erilaiset laitteet ja optiikat, sekä käyttöliittymä- ja vuorovaikutusmenetelmät. Käsitlemme myös AR-älylasien teknisiä tavoitteita ja haasteita, sekä eri parametrien välillä tehtäviä kompromisseja ja niiden ratkaisustrategioita.

Lisäksi tarkastamme AR-älylasien tilannetta kuluttajamarkkinoilla. Lopuksi tarkastelemme lisätyn todellisuuden älylasien tulevaisuuden näkymiä, potentiaalia ja haasteita.

### 2.1 Median sukupolvet

Ensimmäisenä sukupolvena pidetään yksisuuntaisia offline-medioita, kuten sanomalehtiä ja televisiota. Teknologiat saivat tietonsa joko sisäisistä tallennusvälineistä, kaseteista, CD-levyiltä tai radioaaltoilta. (Rauschnable, Brem & Ro 2015, 4.)

Toinen sukupolvi on Web 1.0, joka kuvaa aikaisia online teknologia, kuten staattisia verkkosivuja. Kuluttajien rooli oli pääasiassa passiivinen, sillä vain yritykset ja organisaatiot tuottivat ja julkaisivat sisältöä. Kaksisuuntainen kommunikaatio oli mahdollista, mutta valtaosa teknologioista oli yksisuuntaisia. Vain harvat innovatiiviset käyttäjät tekivät henkilökohtaisia verkkosivuja. (Rauschnable, Brem & Ro 2015, 4.)

Median kolmatta sukupolvea kutsutaan Web 2.0:si tai sosiaalseksi mediaksi. Sen sisältö oli monisuuntaista ja käyttäjät toimivat sekä sisällön kuluttajina että tuottajina. Internet-yhteydet olivat nopeampia, laitteet olivat käyttäjäystävällisempiä ja ihmisillä oli korkeampi luottamus Internetiä kohtaan. Näistä syistä ihmiset kokeilivat ja käyttivät Web 2.0:n teknologioita todennäköisemmin, kuin sen edeltäjää Web 1.0:aa. (Rauschnable, Brem & Ro 2015, 4.)

Median neljäs sukupolvi käsittää sosiaalisen median laajenemisen staattisista laitteista mobiililaitteisiin, kuten kannettaviin tietokoneisiin, tabletteihin ja älypuhelimisiin. Siihen kuuluu myös muita päälle puettavia laitteita, kuten älykellot, älyvaatteet ja älyrannekkeet. Nämä mediat mahdollistivat käyttäjien pääsyn sosiaaliseen mediaan missä vain ja milloin vain. Suosituimmiksi sovelluksiksi nousivat sosiaalisen median sovellukset, kuten Facebook ja Instagram. (Rauschnable, Brem & Ro 2015, 4.)

Median viides sukupolvi kattaa päälle puettavat lisätyn todellisuuden laitteet, jotka yhdistävät virtuaalisen- ja todellisen maailman. Yksi esimerkki näistä laitteista ovat lisätyn todellisuuden älylasit eli AR-älylasit. (Rauschnable, Brem & Ro 2015, 5.)

### 2.2 Mitä on lisätty todellisuus?

Lisätty todellisuus tehostaa todellisuuden kokemusta lisäämällä siihen graafisia elementtejä. Nämä voivat olla visuaalisia, äänellisiä tai muita aistillisia ärsykeitä. Tämä teknologia on kasvava trendi, jota sovelletaan laajasti esimerkiksi yrityksissä, jotka toimivat kannettavien tietotekniikkalaitteiden alalla. (Hayes 2022.) Lisätyn todellisuuden uskotaan tarjoavan kiinnostavia sovelluksia terveydenhuoltoon, koulutukseen, suunnitteluun, tuotantoon, viihteeseen ja myyntiin. Se on yksi lupaavimmista teknologioista seuraavan sukupolven mobiililustoille (Zhan, Yin, Xiong, He & Wu 2020, 1).

Lisätyn todellisuuden laitteisto toimii sillä periaatteella, että käyttäjä suuntaa laitteen haluamaansa kohteeseen. Tällöin laite käyttää kehittyntä tietokonenäköteknologiaa, joka kykenee erottamaan ja tunnistamaan halutun kohteen videokuvasta. Tämän avulla lisätty todellisuus tarjoaa käyttäjälle mahdollisuuden tarkastella ja olla reaaliaikaisesti vuorovaikutuksessa datan kanssa. (Porter & Heppelmann 2017.)

Lisätyn todellisuuden teknologia mahdollistaa yksilöllisen oppimisen ja tehostaa oppimisprosessia tarjoamalla immersiiivisen, vuorovaikutteisen kokemuksen, joka voi parantaa oppijan ymmärrystä ja motivointia. Teknologian monenlaiset sovellukset, jotka ovat jatkuvasti kehittyviä, tarjoavat uusia mahdollisuuksia useille aloille. Lisätty todellisuus voi lisätä tarkkuutta ja tehokkuutta, mahdollistamalla reaaliaikaisen informaation näyttämisen käyttäjälle. Lisäksi AR-teknologia tekee mahdolliseksi kokemusten tai tiedon jakamisen etäisyyksistä riippumatta, luoden merkittäviä yhteyksiä ihmisten ja yhteisöjen välillä ympäri maailmaa. (TeamViewer 2022.)

### 2.3 Erot lisätyn todellisuuden ja virtuaalisen todellisuuden välillä

Lisätty todellisuus (AR) ja virtuaalitodellisuus (VR) ovat molemmat immersiiivisiä teknologioita, mutta niillä on merkittäviä eroja. AR käyttää reaali maailman ympäristöä ja lisää siihen graafisia elementtejä, kun taas VR luo täysin virtuaalisen ympäristön. AR-käyttäjät voivat itse hallita läsnäoloaan todellisessa maailmassa, kun taas VR-käyttäjien liikkeitä ohjaavat yleensä järjestelmän luomat virtuaaliset rajoitukset. (Tulane University.)

Laitteistovaatimukset ovat myös erilaiset AR- ja VR-teknologioiden välillä. VR yleensä edellyttää erillisen päähen puettavan laitteen, kun taas AR-tekniikka voidaan toteuttaa älypuhelimilla tai tableteilla. AR-teknologia on näin ollen helpommin saatavilla. (Tulane University).

Lisäksi, kun VR keskittyy yksinomaan fiktiivisen todellisuuden vahvistamiseen ja laajentamiseen, AR pyrkii rikastuttamaan sekä virtuaalista että todellista maailmaa (Tulane University). Tämä avaa uusia mahdollisuuksia interaktiivisuudelle ja monipuoliselle käyttökokemukselle.

### 2.4 Mitä ovat AR-älylasit?

AR-älylasit ovat kuin tavalliset silmälasit, mutta niissä hyödynnetään lisätyn todellisuuden teknologiaa. Useimmat älylasit on suunniteltu toimimaan yhteistyössä älypuhelimien kanssa. Ne tuovat puhelimesta tutut ilmoitukset suoraan käyttäjän näkökenttään ja mahdollistavat pikatoimintojen suorittamisen, samankaltaisesti kuin älykellot. Kamerate voivat mahdollistaa ominaisuuksia, kuten ensimmäisen persoonan videon, ja silmien seurannan avulla voidaan lisätä uusia vuorovaikutusmenetelmiä. AR-älylaseissa voidaan myös hyödyntää virtuaaliavustajia lisätoimintojen suorittamiseen. (Computer Hope 2022.)

AR-älylasit vaihtelevat muodoltaan, kooltaan ja suunnittelultaan, mutta yhteisenä tavoitteena niillä on elävöittää todellisuutta graafisilla elementeillä. AR-älylaseilla on monia mahdollisuuksia täydentää ihmisten todellisia kokemuksia tarjoamalla hyödyllistä tietoa ja dataa. Voidaan esimerkiksi kuvitella tilanne, jossa käyttäjä seuraa jalkapallo-ottelua ja samalla AR-älylasit näyttävät käyttäjälle tärkeitä tilastoja, pelaajatietoja ja tuloksia. Vastaavasti, jos käyttäjä etsii ruokapaikkaa, AR-älylasit voivat näyttää käyttäjälle paikallisia vaihtoehtoja ja ravintoloiden arvosteluja. (Woods 2021.)

Viimeisen vuosikymmenen aikana AR-älylasit ovat kokeneet merkittävää kehitystä. Ne ovat muuttuneet kalliista, kömpelöistä ja kokeellisista laitteista erittäin suorituskykyisiksi ja laadukkaiksi laitteiksi. Laitteiden hinnat ovat merkittävästi laskeneet, vaikka niitä ei voi vieläkaan luonnehtia edullisiksi. Yritysten kasvava kiinnostus AR-älylaseihin luo markkinoille lisääntyntä kilpailua. Tämän

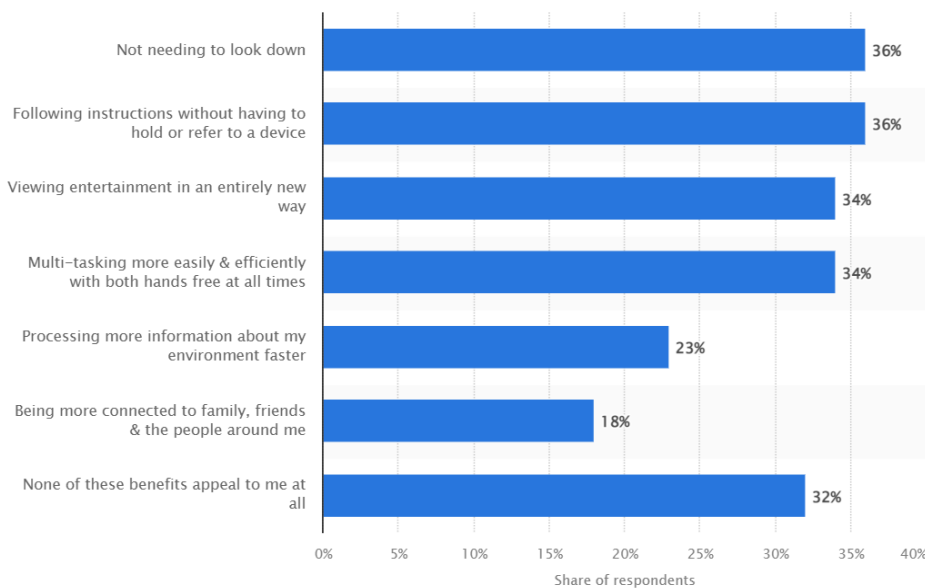
uskotaan kiihdyttävän alan innovaatiota ja suunnittelua, samalla kun hintataso jatkaa laskusuuntaansa. (Woods 2021.)

Tämä ilmiö on erityisen vahvasti nähtävissä videopelien ystävien keskuudessa. Pelaajat toivovat syventyvänsä suosikkipeliensä maailmaan entistä elämyksellisemmin, mutta tavallinen pelaaja ei välttämättä halua tai pysty panostamaan suuria summia pelilaitteisiin, siitä huolimatta, että AR-älylasien kerrotaan tarjoavan poikkeuksellisen mukaansatempaavan kokemuksen. (Woods 2021.)

Tämä on luonut uusia tilaisuuksia yrityksille, jotka pystyvät tarjoamaan perusominaisuudet edulliseen hintaan. Useat toimijat kehittelevät parhaillaan tällaisia prototyyppejä. (Woods 2021.)

## 2.5 AR-älylasien käyttötapaukset tällä hetkellä

Rauschnabelin ja Ro:n arvion mukaan vielä AR-lasien elinkaaren varhaisessa vaiheessa suurin syy ihmisten kiinnostukseen ovat niiden toiminnalliset hyödyt (Rauschnabel & Ro 2016, 18). Yhdysvalloissa suoritettiin vuonna 2017 kysely, jossa ihmisiltä kysyttiin, mitkä ovat heidän mielestään isoimpia AR-lasien hyötyjä verrattuna älypuheliin tai tabletteihin (Kuva 1). Suurin hyöty kyselyn tulosten mukaan oli se, että ihmisten ei tarvitse katsoa alas puhelintaan. Toiseksi eniten ääniä saanut oli, että ohjeiden noudattaminen on mahdollista ilman tarvetta pidellä laitetta kädessään. Viihteen näkeminen uudella tavalla ja asioiden samaan aikaan tekemisen helpottuminen oli saanut myös paljon ääniä kyselyssä. Vähemmän ääniä oli saanut ympäristöstä tiedon nopeampi prosessointi sekä enemmän yhteydessä oleminen perheen tai ystävien kanssa. (Alsop 2022.)



Kuva 1. Thomas Alsopin (2022) teettämä kysely AR-lasien hyödyistä älypuheliin tai tabletteihin verrattuna

Eräs kätevimmistä tavoista hyödyntää AR-älylaseja on navigointi. Liikenteessä ne voivat auttaa käyttäjää löytämään paikkoja kuten osoitteita, yrityksiä ja nähtävyyksiä. Lisäksi ne auttavat pysymään oikealla reitillä, olipa kyseessä kävely, pyöräily tai autolla liikkuminen. AR-älylasit voivat myös lisätä turvallisuutta, sillä käyttäjän ei tarvitse jatkuvasti tarkistaa reittiohjeita puhelimesta ajon



aikana. (Ripert 2021.) Kuva 2 havainnollistaa miten AR-älylasien käyttäjä voi nähdä reittiohjeita pyöräillessään.



Kuva 2. AR-älylasien tarjoama lisätty navigointi (Ripert 2021)

Urheilussa ja ulkoiluaktiviteeteissa AR-älylasit voivat tarjota uudenlaisia, kilpailullisia ulottuvuuksia yksilöllisiin harjoituksiin graafisten elementtien avulla. Lasit voivat esimerkiksi mahdollistaa käyttäjän kilpailemisen omia ennätyksiään vastaan tai juoksemisen holografisen partnerin kanssa

motivoinnin ylläpitämiseksi (Kuva 3.). AR-älylasit voivat myös tarjota käyttäjälle reaaliaikaisesti tietoa hänen sykkeestään ja muista terveystilastoista suorituksen aikana. (Ripert 2021.)



Kuva 3. Kilpaileminen AR-älylasien luomaa hologrammia vastaan (Ripert 2021)

AR-älylasit voivat tarjota reaaliaikaista tukea kokkauksen aikana, auttamalla käyttäjää oppimaan uusia tekniikoita mukautettujen ohjeiden avulla. Ruokailuun liittyvä tuki on yksi AR-teknologian suurimmista houkuttelevista ominaisuuksista. (Ripert 2021.) Kuva 4 näyttää miten käyttäjä saa kätevästi ruokailu-ohjeita AR-älylasien avulla.



Kuva 4. AR-älylasien handsfree ohjeet ruokailuun (Ripert 2021)

Tavarataloissa ostoksista nauttiville kuluttajille nopea pääsy hintavertailuominaisuuksiin, tarjouksiin ja arvosteluihin on merkittävä etu. AR-älylasit mahdollistavat käyttäjille ulkoisten tietokantojen käytön, jotka näyttävät tietoa tuotteista ja tarjouksista, kun käyttäjä kulkee niiden ohi. Tämä tarjoaa

kuluttajille parannetun ostokokemuksen ja auttaa heitä tekemään harkittuja päätöksiä. (Ripert 2021.) Kuten kuvasta 5 näkyy, käyttäjä voi saada AR-älylasien avulla tietoa tuotteiden hinnoista ja alennuksista.



Kuva 5. Reaaliaikaiset hintavertailut ja tarjoukset (Ripert 2021)

## 2.6 AR-älylasien tekniset ominaisuudet

### 2.6.1 Paikannus- ja seurantatekniikka

AR-älylasit hyödyntävät monipuolisesti lisätyn todellisuuden teknologioita, kuten merkkipohjaista ja merkkipohjatonta tunnistusta, jotta ne voivat tarjota käyttäjälle reaaliaikaista virtuaalista sisältöä suoraan käyttäjän ympäröivään todellisuuteen. Tässä osiossa keskitymme tarkastelemaan näiden kahden keskeisen teknologian toimintaa ja niiden merkitystä AR-älylasien toiminnassa. (Softtek 2021.)

Merkkipohjaisessa AR sovelluksessa hyödynnetään kohdekuviin eli merkkeihin perustuvaa tunnistusta, joka mahdollistaa objektien sijoittamisen tiettyyn tilaan. Nämä merkit toimivat viitteinä sovellukselle, määrittäen minne kolmiulotteinen digitaalinen sisältö sijoitetaan käyttäjän näkökentässä. (Softtek 2021.)

Käytännössä nämä sovellukset linkittyvät tiettyyn fyysiseen merkkiin todellisessa ympäristössä, minkä ansiosta ne voivat lisätä kolmiulotteisen virtuaaliobjektin merkin sijaintiin. Sovelluksen kamera skannaa jatkuvasti syötettä ja tunnistaa merkin, jonka avulla se voi tunnistaa kuvion ja luoda sitä vastaavan geometrian. (Softtek 2021.)

Merkkipohjaiseen kuvantunnistusjärjestelmään sisältyy useita komponentteja, kuten kamera, kuvan tallennus, kuvankäsittely ja merkkien seuranta. Tämä järjestelmä voidaan toteuttaa sovelluksella, joka pystyy kameran avulla tunnistamaan tietyt kuviot. (Softtek 2021.)

Merkkipohjattomassa AR-sovelluksessa virtuaaliset kolmiulotteiset objektit sijoitetaan reaaliajassa analysoimalla datan sisältämiä piirteitä. Tämä lähestymistapa hyödyntää älylaitteen kameraa, GPS:ää tai kiihtyvyyssmittaria. Merkkipohjattomassa mallissa ei tarvita erillistä objektin

seurantajärjestelmää, koska uusimmat kamerateknologiat, sensorit ja tekoälyalgoritmit mahdollistavat digitaalisen datan keräämisen reaaliajassa fyysisestä ympäristöstä. (Softtek 2021.)

Merkkipohjattomassa AR-sovelluksessa käytetään pääasiassa samanaikaista paikannusta ja karttanmuodostusta (SLAM), joka skannaa ympäristön ja luo siitä karttoja, joihin virtuaaliset objektit voidaan sijoittaa. Virtuaaliobjektit voivat sijoittua kartalle jopa silloin, kun ne eivät ole suoraan käyttäjän näkökentässä. Tämä teknologia mahdollistaa virtuaaliobjektien pysymisen paikallaan käyttäjän liikuessa, eikä kuvia ympäristöstä tarvitse jatkuvasti ottaa uudelleen. (Softtek 2021.)

Merkkipohjattomassa AR-sovelluksessa voidaan tunnistaa neljä pääkategoriaa, jotka ovat paikkaan perustuva AR, projektiopohjainen AR, päälleystys-AR ja ääriiviapohjainen AR. Jokainen näistä kategorioista edustaa erilaista tekniikkaa ja tarjoaa ainutlaatuisia mahdollisuuksia luoda monipuolisia AR-kokemuksia. (Softtek 2021.)

Paikkaan perustuva AR (engl. Location-based AR) keskittyy kolmiulotteisten virtuaaliobjektien integroimiseen käyttäjän fyysiseen ympäristöön. Tämä tekniikka hyödyntää sijaintitietoa ja sensoreita, kuten GPS:ää, jotta virtuaalinen sisältö voidaan sijoittaa tiettyyn paikkaan. Tämän avulla voidaan luoda virtuaalisia hahmoja käyttäjän ympäristöön, jotka näkyvät hänen näkökentässään. (Softtek 2021.)

Projektiopohjaisessa AR:ssa (engl. Projection-based AR) kolmiulotteiset virtuaaliobjektit renderöidään käyttäjän fyysiseen tilaan projektoreiden avulla. Tekniikka luo syvyyden, sijainnin ja suunnan illuusioita heijastamalla valoa todellisen maailman pinnoille. Tämä menetelmän avulla käyttäjä voi yksinkertaistaa monimutkaisia tehtäviä. (Softtek 2021.)

Päälleystävässä AR:ssa (engl. Overlay AR) alkuperäinen objekti korvataan päivitetyllä virtuaalisella kuvalla. Tämä tekniikka tarjoaa useita erilaisia näkökulmia kohteeseen ja mahdollistaa lisätiedon esittämisen, mikä voi olla hyödyllistä esimerkiksi tuotteiden esittelyssä tai interaktiivisessa oppimisessä. (Softtek 2021.)

Ääriiviapohjainen AR (engl. Contour-based AR) käyttää käyttäjäerikoiskameroita auttaakseen ihmisen silmiä tunnistamaan tiettyjä objekteja ääriviivojen perusteella. Tämä tekniikka on hyödyllinen tilanteissa, joissa tarvitaan tiettyjen objektien selkeää erottelua tai korostusta. (Softtek 2021.)

Nämä erilaiset merkkipohjattomat AR:n kategoriat tarjoavat monipuolisia mahdollisuuksia luoda vaikuttavia lisätyn todellisuuden kokemuksia eri sovelluksiin ja käyttötarkoituksiin. Jokainen kategoria perustuu erilaiseen tekniseen lähestymistapaan ja tarjoaa omat etunsa ja sovellusmahdollisuutensa. (Softtek 2021.)

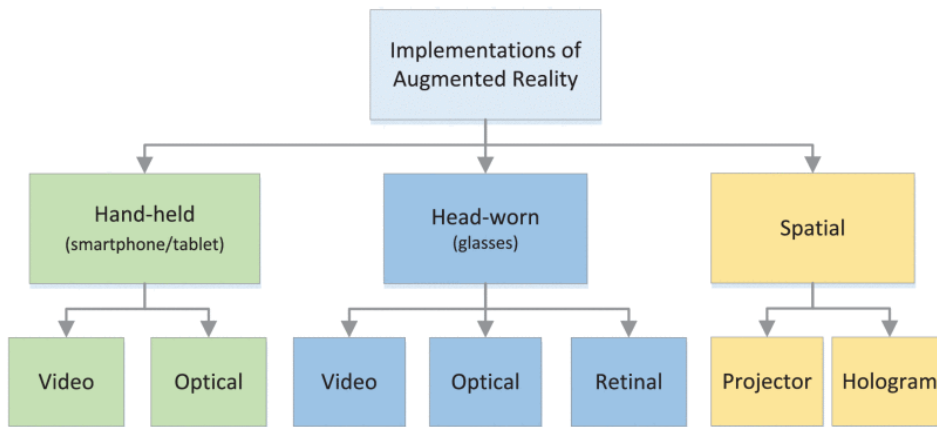
## 2.6.2 Laitteiden ja optiikoiden eri tyypit

Käyttäjän tulee käyttää jonkinlaista laitetta voidakseen nähdä graafisia elementtejä ja olla niiden kanssa vuorovaikutuksessa. Laitteet jaetaan kolmeen kategoriaan: (Van Krevelen & Poelman 2010) päässä pidettävät laitteet, kädessä pidettävät laitteet ja spatiaaliset laitteet. Laitteet käyttävät jotain seuraavista optiikkatyypeistä informaation visualisointiin (Syberfeldt, Danielsson & Gustavsson 2017, 3.):

- Video: Todellinen ja virtuaalinen maailma on yhdistetty samaan näkymään, joka on täysin digitaalinen.
- Läpinäkyvä: Graafiset elementit näytetään suoraan todellisen maailman näkymän päälle.



- Verkkokalvoon heijastettava: Graafiset elementit heijastetaan suoraan silmän verkkokalvolle matalatehoisella laservalolla.
- Hologrammi: Graafiset elementit näytetään todellisessa maailmassa fotometrisellä emulsiolla, joka tallentaa koherentin valon interferenssiä.
- Heijastettava: Graafiset elementit heijastetaan suoraan todellisen maailman päälle digitaalisella projektorilla.



Kuva 6. Laite- ja optiikkatyypit (Syberfeldt, Danielsson & Gustavsson 2017, 3)

AR:n toteuttamiseen käytetyillä laitteilla ja optiikoilla on omat vahvuudet ja heikkoudet riippuen niiden käytöstä. Teollisessa käytössä lasit ovat yleisesti ottaen parempia, koska ne pitävät käyttäjän kädet vapaina sekä ovat helposti liikuteltavia ja kannettavia. Lisätyn todellisuuden älylaseja on olemassa laaja valikoima, ja ne käyttävät monia eri teknologioita ja eri malleja. Jotkut lasit tarjoavat yksinkertaisen heijastusnäytön, joka toimii toisena näyttönä, johon pääsee yhdellä silmäyksellä. Toiset käyttävät monimutkaisempia ratkaisuja, kuten verkkokalvoon heijastamista tai holografista esittämistä. (Syberfeldt, Danielsson & Gustavsson 2017, 3.) Kuvassa 6 esitetään miten eri lisätyn todellisuuden laitteistotyypit ja optiikkatyypit jakautuvat.

### 2.6.3 Käyttöliittymä ja vuorovaikutusmenetelmät

Käyttöliittymä (engl. User Interface, UI) on keskeinen elementti tuotesuunnittelussa, jonka tavoitteena on ylittää käyttäjän odotukset, tarjota paras mahdollinen käyttökokemus (engl. User Experience, UX) ja erottua kilpailusta. Nykyisessä kehitysvaiheessa, jossa AR-älylasien ja ohjelmistokehityspakettien (engl. Software Development Kit, SDK) teknologia on kehittynyt yhä kypsemmälle tasolle, ne tarjoavat laajemman valikoiman vuorovaikutusmahdollisuuksia kuin koskaan ennen. (Abiresearch s.a.)

Ääniohjaus sekä uudet toiminnot, joita päähän puettavat näytöt mahdollistavat, kuten eleentunnistus ja silmänliikkeiden seuranta, ovat tulleet täydentämään perinteisiä vuorovaikutusmenetelmiä ja älypuhelimia. Kun optimaalinen vuorovaikutusmenetelmä yhdistyy huolellisesti suunniteltuun käyttöliittymään, käyttäjät pystyvät suorittamaan tehtäviä tehokkaammin, intuitiivisemmin ja sujuvammin. Tämä parantaa käyttökokemusta ja luo lopulta lisäarvoa AR-älylaseille. (Abiresearch s.a.)

Tehokkainta vuorovaikutusmenetelmää valittaessa ja käyttöliittymää suunniteltaessa tulee ottaa huomioon tehtävän tai sisällön luonne, käyttäjän potentiaalinen ympäristö sekä AR-laitteen tyyppi.

Perinteiset painikkeet ja kosketusalustat eivät välttämättä sovi kaikkiin tilanteisiin, erityisesti jos tehtävät vaativat käyttäjältä suojakäsineiden käyttöä tai vapaita käsiä. Tällaisissa olosuhteissa ääniohjaus on usein tehokkain vuorovaikutuskeino. (Abiresearch s.a.)

Katse- ja eleohjaus ovat kasvavia vuorovaikutusmenetelmiä AR-älylaseille. Ne parantavat huomattavasti käyttökokemusta tarjoamalla käyttäjille intuitiivisen ja nopean tavan suorittaa tehtäviä ilman käsien käyttöä. Vaikka katse- ja eleohjaus ovat äärimmäisen tehokkaita, ne eivät sovellu kaikille käyttäjille tai kaikkiin käyttötilanteisiin, sillä ne vaativat suurta tarkkuutta ja matalaa viivettä ollakseen tehokkaita ja vastatakseen käyttäjien odotuksiin. (Abiresearch s.a.)

Yksinkertainen ja intuitiivinen käyttöliittymä sekä sujuva käyttökokemus ovat tähän asti jääneet suurelta osin huomioimatta AR-markkinoilla. Kuitenkin molemmat ovat välttämättömiä arvon lisäämiseksi ja maksimoinniksi, mikä puolestaan edistää AR-älylasien laajempaa leviämistä. Laitteen käyttöönoton yksinkertaistaminen ja koulutustarpeen vähentäminen, samalla kun käyttäjät pysyvät jatkuvasti kiinnostuneina laitteesta, merkittävästi lisäävät sen arvoa sekä kuluttajille että yrityksille. (Abiresearch s.a.)

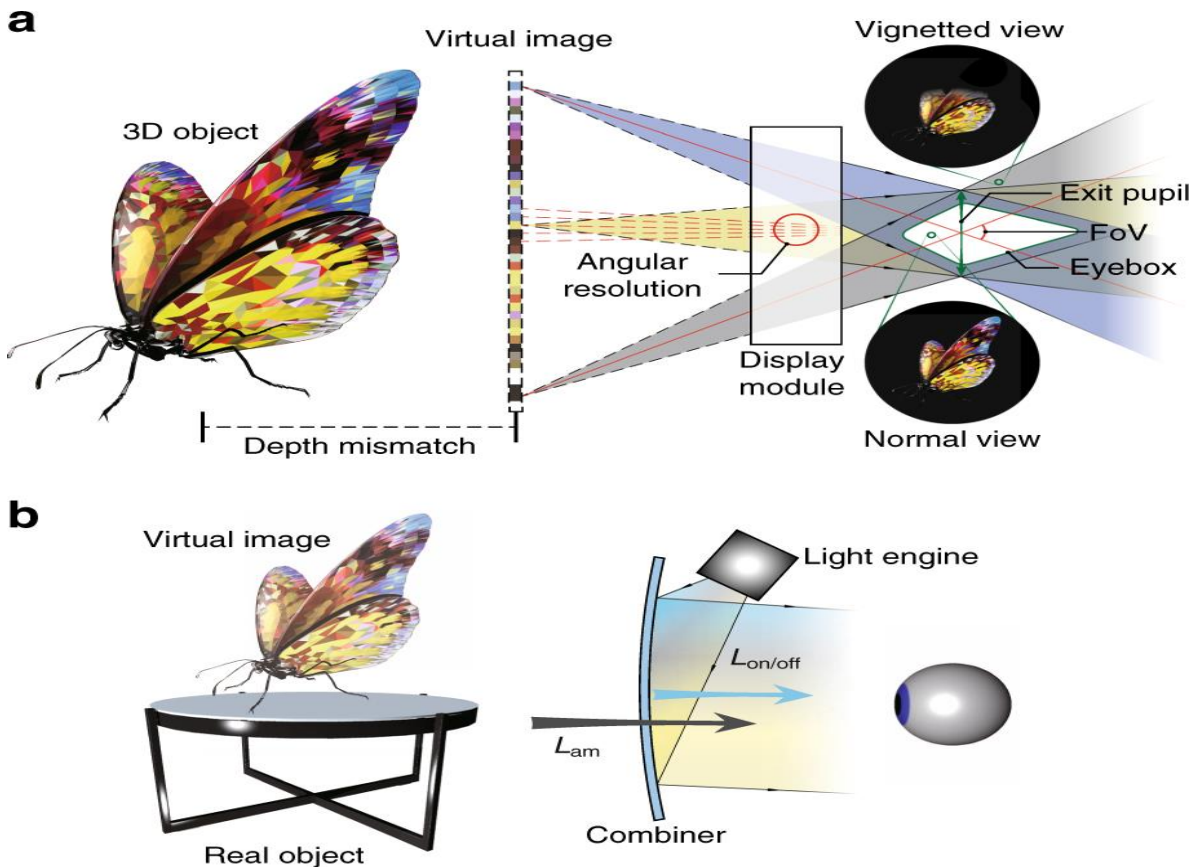
## 2.7 AR-älylasien tekniset tavoitteet ja haasteet

AR-lasien kehittämisen keskeisenä tavoitteena on luoda korkealaatuisia kuvia, jotka näyttävät todellisilta ja sulautuvat saumattomasti ympäristöön. Nämä tavoitteet ovat kuitenkin vielä haastavia toteuttaa tässä vaiheessa. Komponenttien suoritusteho ei ole riittävä ja niiden virrankulutuksen tulisi olla pienempi. Niitä pitäisi myös keventää, jotta lasien käyttö ei rasittaisi käyttäjää. (Zhan ym. 2020, 1) AR-lasien tehokkuuden ja painon välillä on siis ristiriita, sillä komponenttien koon pienentäminen vähentää niiden tehoa. Mooren lain mukaan komponenttien teho saadaan kuitenkin vuosi vuodelta pakattua pienempään kokoon (Moore 1965). Tästä syystä myös AR-älylasien koon voidaan olettaa pienenevän tulevaisuudessa.

AR-lasien tavoitteiden ja haasteiden ymmärtämiseksi on tarpeellista tarkastella ihmisen näköjärjestelmän parametreja. Ihmissilmän näkökenttä on noin 160° pystysuoraan ja 130° vaakasuoraan. Tyypillisesti AR-lasit eivät ylitä 60° vaakatasossa, joka on vielä kaukana ihmisen näkökentästä (Zhan ym. 2020, 1–2). AR-lasit ovat puutteellisia myös muissa ihmisen näköjärjestelmän parametreissa. Näitä ovat esimerkiksi katselualue, kulmaresoluutio, dynaaminen alue ja syvyysnäkö. (Xiong, Hsiang, He, Zhan & Wu 2021, 2)

Katselualue on alue, joka nähdään koko näkökentässä ilman vinjetointia, eli optista ilmiötä, jossa kuvan reuna-alueet ilmenevät tummina (Cholewiak, Başgöze, Cakmakci, Hoffman & Cooper 2020, 1; Emery & Camps 2017). Kulmaresoluutiolla tarkoitetaan havaitun kuvan tarkkuutta. Tämä määritetään jakamalla näyttöpaneelin kokonaisresoluutio näkökentällä. Ihmisen normaali näöntarkkuus on 1,0 (Silmäasema). Tämä vastaa noin 60 pikseliä astetta kohden. Tätä pidetään AR:n yleisenä tavoitteena. (Xiong ym. 2021, 3.)

AR:ssa syvyysnäkö luodaan näyttämällä oikealle ja vasemmalle silmälle kahta erilaista kuvaa, jotka muodostavat yhtenevän kiikarinäön katsottuun kohteeseen. Kuitenkin AR:n luoman kuvan syvyys ei välttämättä vastaa tarkoitettua 3D-kuvan tarkoitettua syvyyttä. (Xiong ym. 2021, 3.) Tämä vaikeuttaa silmien tarkentamista kohteisiin ja johtaa näin silmien väsymiseen ja rasittumiseen (Zhou, Zhang & Fang 2021, 3).



Kuva 7. Vinjetointi (a) ja syvyyšnön puutteet (b) (Xiong ym. 2021)

## 2.8 Kompromissit parametrien välillä ja niiden ratkaiseminen

AR-näytöissä joudutaan tekemään erilaisia kompromisseja parametreihin liittyen. AR:ssa käytetyn suuremman näkökentän myötä kulmaresoluutio pienenee. Tämän ongelman välttämiseksi tarvitaan korkealaatuinen optiikka sekä korkearesoluutioinen näyttö tukemaan vastaavaa modulaatio-siirtotoimintoa, eli tieteellistä menetelmää arvioida kuvantamisjärjestelmän spatiaalista resoluutiota (Xiong ym. 2021, 1; Williams 1998, 1). Spatiaalisella resoluutiolla tarkoitetaan pienintä mahdollista objektia, joka voidaan tunnistaa (Yao 2009).

Jotta voitaisiin saavuttaa 60 pikseliä yhtä astetta kohti 100 asteen näkökentässä, tarvitaan 6k resoluutioinen näyttö kummallekin silmille. Tämä on ongelma AR-lasien pienessä näytön koossa, koska mikronäytön pikselikoon pienentäminen on hankalaa. Tämä ongelma on mahdollista kiertää heijastamalla AR-kuva käyttäjän verkkokalvon keskiosaan (foveaan), jossa näöntarkkuus on korkeimmillaan. Heijastamalla korkearesoluutioinen AR-kuva verkkokalvon keskiosaan, riittää että ympäröivälle näkökentälle heijastetaan matalaresoluutioinen kuva. Tämä voidaan toteuttaa yhdistämällä kaksi näyttölähdettä optisesti. Yksi näyttö on verkkokalvon keskiosalle ja toinen näkökentän reuna-alueille. Yhdistäminen tapahtuu limittämällä verkkokalvon keskiosalle tarkoitettu näyttö verkkokalvon reuna-alueille tarkoitettun näytön kanssa. Korkearesoluutioinen näyttö on siis

matalaresoluutioisen näyttö edessä. Sen lisäksi lasit seuraavat käyttäjän katsetta ja korkearesoluutiainen näyttö liikkuu käyttäjän verkkokalvon keskiosan liikkeen mukana. (Xiong ym. 2021, 3; Kim ym. 2019, 2.)

AR:n suurempi katselualue tai näkökenttä johtaa yleensä AR:n tuottaman kuvan heikompaan kirkkauteen, mikä tekee näytöstä himmeämmän. Suhteen parantamiseksi voidaan AR:ssa hyödyntää dynaamisesti viritettäviä himmentimiä. Nämä himmentävät näyttöön heijastuvaa valoa. Näytön kirkkautta voidaan lisätä käyttämällä korkean luminanssin mikronäyttöä. (Xiong ym. 2021, 3.)

AR-laitteiden kehittäminen vaatii uudenlaista optiikkaa, joiden suunnittelussa on käytetty vapaampaa rakennetta ja valon taivuttamista. Tämän tekniikan tulee olla myös kevyttä ja ohutta. Diffraaktiivinen optiikka luo vahvaa pohjaa tälle kehitykselle. (Xiong ym. 2021, 4.) Diffraktivisessa tekniikassa käytetään valon taivuttamista useampaan kertaan ja sillä saadaan aikaan parempi kuvan kontrasti ja kirkkaus (Simonen 2019). Tavallisessa optiikassa valon taivuttamiseen käytetään paksua linssiä. Diffraktiivisessa optiikassa sen sijaan vain joidenkin mikrometrien kokoinen kerros riittää tehokkaan valon taivuttamiseen, koska siinä valon taivuttaminen tapahtuu tehokkaammin. (Xiong ym. 2021, 4.)

## 2.9 AR-älylasit kuluttajasektorilla

Älylasien tarkoituksena on parantaa käyttäjien todellisen maailman näkymää lisäämällä käyttäjän ympäristöön tietokoneen luomaa digitaalista informaatiota (Simone 2021). Tavoitteena on, että käyttäjä ei pystyisi erottamaan digitaalisesti luotuja graafisia elementtejä todellisesta maailmasta (Vallino & Brown 1998).

Menneinä vuosina älypuhelimet ovat korvanneet vanhat laitteet kuten MP3 soittimet, navigointilaitteet, ja digitaaliset kamerat. Applen toimitusjohtaja Tim Cook uskoo, että AR-lasit tulevat olemaan yhtä vallankumoukselliset kuin älypuhelimet. (Simone 2021.) Facebookin toimitusjohtaja sen sijaan uskoo, että älypuhelimet tulevat olemaan vielä vuosikymmenen ihmisten päälaite, mutta AR-lasit tulevat vielä muuttamaan suhteemme teknologiaan (Von Musser 2021). Entinen Samsungin toimitusjohtaja DJ Koh uskoo, että älypuhelimien valtakausi on tullut päätökseen ja puettavat laitteet tulevat lopulta korvaamaan älypuhelimet (Neumann 2020).

Keskustelu AR-älylasien hyödyntämisestä jakautuu teollisuuden ja kuluttajien puolelle. Kuluttajapuolella älylasit helpottavat ihmisten arkielämää kuten navigointia, tiedonhakua ja ostosten tekemistä. Kuluttajakäytössä AR-lasien pitää olla hyvän muotoiset, muodikkaasti suunnitellut ja mukavat. AR-älylaseja pidetään siisteinä ja hauskoina sekä edelleen niche-tuotteena. (Simone 2021.)

Vuonna 2014 Google toi markkinoille ensimmäiset Google Glass -älylasit Yhdysvalloissa. Huomio ja odotukset olivat suurta, mutta tuote jäi kuitenkin kuluttajien pettymykseksi. Tämän seurauksena Google poisti tuotteen markkinoilta vain vuodessa. Syitä tähän oli monia, mutta suurimpia olivat huono suunnittelu sekä yksityisyysshuolet, joita lasien kamera aiheutti käyttäjilleen. (Bezmalinovic 2021.) Laitte oli myös erittäin kallis, vaikka käyttötarkoitus asiakkaiden mukaan oli epäselvä (Phan 2021). Laitteessa oli myös paljon teknisiä vikoja, jotka aiheuttivat asiakkailleen päänsärkyä. Laitte sammui itsekseen ja ylikuumentui helposti. Sen akku oli pieni eikä sovelluksia ollut saatavilla tarpeeksi. Tämä johti laitteen epäonnistumiseen. (Bentley University 2021.)

Kaksi vuotta Google Glassin julkaisun jälkeen markkinoille ilmestyivät Microsoft HoloLens ja Magic Leap One. Valitettavasti myös näiden laitteiden menestys oli heikkoa, koska niiden hinta oli kallis ja kuluttajien mielestä ne olivat liian suurikokoiset. Kehittäjät kuitenkin ryhtyivät pohtimaan ratkaisuja



näiden ongelmien korjaamiseksi. (Simone 2021.) He alkoivat kehittämään pienempiä AR-älylaseja, ja Nreal-niminen startup-yhtiö toi markkinoille Nreal Light -älylasit, jotka tarjosivat samoja toimintoja kuin Microsoft HoloLens ja Magic Leap One, mutta olivat kompaktimman kokoisia. (Bitkom 2021.)



Kuva 8. Microsoft HoloLens 2 AR/MR-lasit (Microsoft s.a.a)

Useita muitakin älylasiprojekteja on noussut esiin, vaikka näiden laitteiden menestys ei olekaan vielä ollut merkittävää. Facebook on aloittanut yhteistyön Ray-Banin kanssa syyskuusta 2021 alkaen. Heidän tavoitteenaan oli kehittää hyvin yksinkertaiset AR-älylasit, joiden pääasiallisena käyttötarkoituksena on videopuheluiden tekeminen ja kuvien tallentaminen. Kuitenkin Facebookin pitkän aikavälin tavoitteena on luoda AR-älylaseista seuraava tietojenkäsittelyn alusta. (Gurman & Nix 2021.) Xiaomi on myös julkaissut oman versionsa älylaseista, joiden tarkoituksena on näyttää viestejä ja kääntää tekstiä reaaliajassa (Moon 2021). Applelta odotetaan myös omia AR-älylaseja, mutta niiden julkaisu tapahtunee vasta vuosien 2025 ja 2026 välillä (Rogers 2022). Applella on tavoitteena luoda kattava ekosysteemi heidän laitteidensa ympärille ja monet uskovatkin, että Apple tulee valloittamaan AR-älylasimarkkinat (Simone 2021).

## 2.10 Älylasien arviointi ja valinta teolliseen käyttöön

Auttaakseen teollisuusyrityksiä tunnistamaan tehokkaasti parhaat vaihtoehdot laajasta valikosta AR-älylaseja, Syberfeldt tutkimusryhmineen ehdottaa jäsennehtyä ja suoraviivaista prosessia, joka opastaa käyttäjää lasien arvioinnissa ja valinnassa. Ohjeet on suunniteltu erityisesti AR-

älylaseja varten käytettäväksi teollisissa tuotantotiloissa. Prosessi sisältää kolme päävaihetta, jotka kattavat yhteensä 18 parametrin arvioinnin. (Syberfeldt, Danielsson & Gustavsson 2017, 3.)

### 2.11 AR-älylaseihin käytettävä budjetti

Yrityksen tulisi selvittää AR-älylaseja hankkiessa teolliseen käyttöön kuinka paljon rahaa on budjetoitu yksiä AR-älylaseja varten. Markkinoilla on monia pitkälle kehitettyjä ja ”eksklusiivisia” laseja, mutta jos niihin ei ole varaa, niiden arvioiminen on ajanhukkaa. Maksimihinnan laseja kohtaan saa laskemalla ensin, kuinka monta käyttäjää tuotantotiloissa on samanaikaisesti ja lisäämällä tähän määrään 10–20 % siltä varalta, että osa älylaseista menee käytössä rikki. Tämä luku jaetaan tarvittavien lasien määrällä, jolloin saadaan yläraja yhden AR-älylasiparin hinnalle. (Syberfeldt, Danielsson & Gustavsson 2017, 3.)

Seuraavaksi pitää tunnistaa kaikki markkinoilla olevat lasit, jotka budjettiin sopivat ja tehdä lista niistä. Paras tapa aloittaa on hakea Internetistä hakusanoilla, kuten ”augmented reality smart glasses”, ”augmented reality glasses”, ”augmented reality head-up displays” ja ”smart glasses”. Asiantuntijaraportit sekä tutkimusartikkelit sekä suorat yhteydenotot eri jälleenmyyjiin ovat myös hyödyksi. Kannatta pitää mielessä, että monet myyjät markkinoivat tuotteita, jotka ovat vasta prototyyppisiä tai eivät ole vielä myynnissä. Tästä syystä on hyödyllistä varmistaa, että kiinnostavaksi koetut tuotteet ovat oikeasti valmiita ja ostettavissa. (Syberfeldt, Danielsson & Gustavsson 2017, 3.)

AR-älylaseihin käytettävä rahamäärä riippuu yrityksen budjetista. Liian korkea hinta luo kynnyksen investoinnin tekemiselle, koska puettavat kulutustuotteet eivät yleensä kestä muutamaa vuotta pidempää. Älylasien hintojen odotetaan kuitenkin laskevan merkittävästi tulevina vuosina, sillä niistä tulee massatuotettuja kuluttajatuotteita, kuten matkapuhelimista. (Syberfeldt, Danielsson & Gustavsson 2017, 3.)

### 2.12 Tärkeimpien parametrien arviointi

Budjettiin sopivien AR-älylasien listan tekemisen jälkeen tuotteet pitäisi arvioida tärkeimpien parametrin perusteella. Tavoitteena on kaventaa listaa nopeasti, jotta aikaa ei mene hukkaan sellaisten tuotteiden kokonaisvaltaiseen arvioimiseen, jotka eivät lopulta sovellu käyttötarkoitukseen. Syberfeldt tutkimusryhmineen on tunnistanut viisi parametria, jotka ovat erityisen tärkeitä AR-älylasien teollisessa käytössä ja jotka pitäisi arvioida tässä vaiheessa. Näitä ovat virransyöttö, paino, näkökenttä, akunkesto ja optiikka. Alla käsitellään tarkemmin näitä viittä parametria ja suositellaan asetuksia. Poistamalla luettelosta kaikki tuotteet, jotka eivät täytä suositeltuja asetuksia, saadaan rajallinen määrä edullisia tuotteita, jotka täyttävät perusvaatimukset ja soveltuvat lisäarviointiin prosessin seuraavassa vaiheessa. (Syberfeldt, Danielsson & Gustavsson 2017, 3.)

AR-älylaseja voidaan käyttää joko akulla tai tietokoneeseen liitettynä. Tuotantotiloissa työskennellessä virran täytyy tulla akusta, koska niiden käyttäjän on mahdotonta kantaa tietokonetta mukanaan. Tässä vaiheessa listalta tulisi poistaa kaikki tuotteet, jotka toimivat vain tietokonevirralla. (Syberfeldt, Danielsson & Gustavsson 2017, 4, 6.)

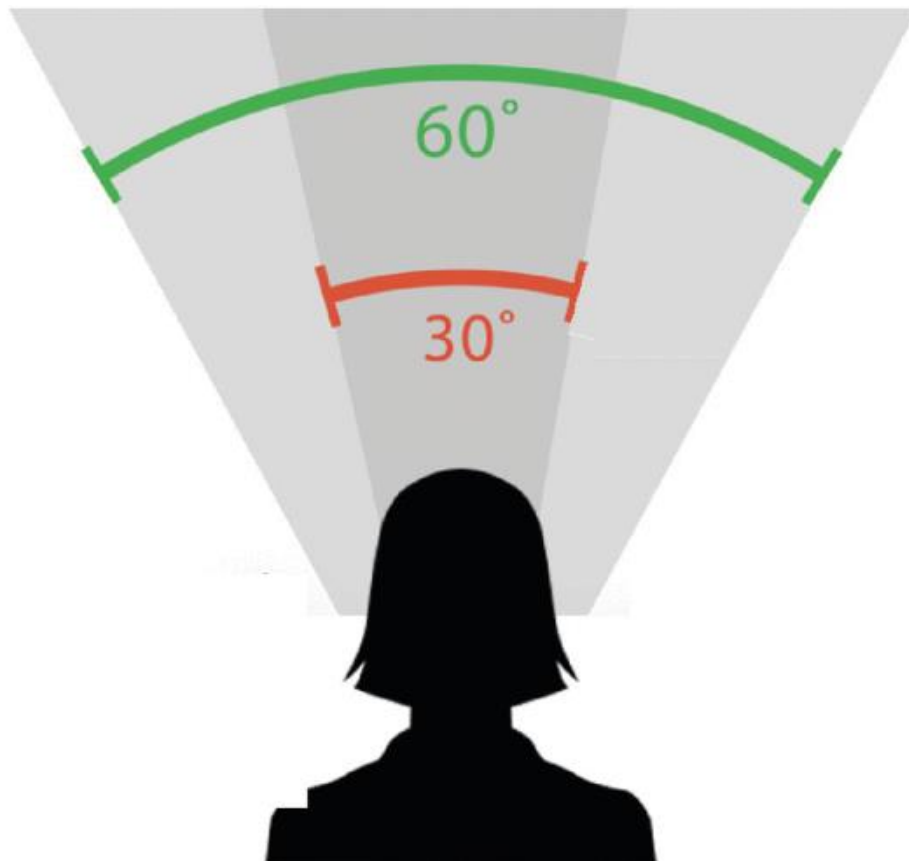
AR-älylasit ovat tarkoitettu käytettäväksi käytännössä koko päivän ajan, joten niiden paino on kriittinen tekijä. Normaalit silmälasit painavat noin 20 grammaa, mutta yhdetkään nykyään saatavilla olevat AR-älylasit eivät pääse edes lähelle tätä painoa. Syberfeldtin tutkimusryhmä asetti suositeltavaksi ylärajaksi 100 grammaa, eli noin 5 kertaa normaaliin silmälasien painon, jotta useimmat käyttäjät voivat käyttää laseja vähintään muutaman tunnin ajan. Jos lasit ovat paljon painavampia

kuin 100 grammaa, ne aiheuttavat liikaa fyysistä rasitusta. Kevyimmät muiden parametrien osalta teolliseen käyttöön soveltuvat AR-älylasit painavat noin 70 grammaa (Penny C Wear Extended, Epson Moverio BT-200, Vuzix M100 ja SmartEyeglass). Raskaimmat painavat 350 grammaa (Atheer AiR Glass), eli viisi kertaa enemmän. Tavalliset silmälasit painavat noin 20 grammaa, joten kevyimmätkin AR-älylasit painavat monta kertaa enemmän. Tämä on erittäin ongelmallista, sillä jopa kevyimmät lasit aiheuttavat todennäköisesti fyysistä rasitusta pitkään käytettynä. Kevyimpiä AR-älylaseja voidaan siis luultavasti käyttää tunnista muutamaan tuntiin, ennen kuin ne on otettava pois. (Syberfeldt, Danielsson & Gustavsson 2017, 4, 6.)



Kuva 9. Atheer Air AR-lasit (Cision PR Newswire 2015)

Näkökentällä tarkoitetaan aluetta, jolla graafiset elementit voidaan nähdä lasien kautta kuvan 7. osoittamalla tavalla. Näkökenttä on ratkaiseva parametri, koska se vaikuttaa suoraan siihen, kuinka paljon tietoa voidaan näyttää käyttäjälle ja mihin kohtaan se voidaan sijoittaa. Erityisen tärkeä on vaakasuuntainen näkökenttä, sillä suuri vaakasuuntainen näkökenttä mahdollistaa tiedon näyttämisen reuna-alueilla, jolloin keskinäkymä pysyy vapaana todellisen maailman näkemistä varten. Ihmisen luonnollinen näkökenttä on lähes 180 astetta vaakasuunnassa, mutta nykypäivän AR-älylasit ovat vielä kaukana tästä. Syberfeldt tutkimusryhmineen uskoo, että pienin hyväksyttävä näkökenttä AR-älylaseille vaakasuunnassa on 20 astetta. Tätä pienempi näkökenttä rajoittaa voimakkaasti esitettävää tietoa ja pakottaa käyttäjän liikuttamaan päätään jatkuvasti kohdistuakseen kapean tietoalueen todellisen maailman objektien kanssa. Varjo XR-3 AR-laseissa on 115 asteen näkökenttä, joka on tällä hetkellä toimialan laajin. Kuitenkin niiden muut parametrit kuten hinta (6945 euroa) sekä paino (594 grammaa + 386 gramman kiinnitysnauha) tekevät niistä luultavasti teolliseen käyttöön epäsoveltuvat monille yrityksille. NykYTEKNIKALLA 20 astetta on vielä kohtuullinen, mutta huomattavasti suurempi näkökenttä on erittäin toivottavaa hyvän käyttökokemuksen saavuttamiseksi. (Syberfeldt, Danielsson & Gustavsson 2017, 4, 6; Varjo s.a.)



Kuva 10. Kuvaus AR-lasien näkökentästä (Syberfeldt, Danielsson & Gustafsson 2017, 4)

Teollisen tuotantotilan operaattorin oletetaan käyttävän älylaseja koko työpäivän ajan, joten kestävä akku on tarpeellinen. Integroitujen akkujen, eli laitteeseen kiinteästi rakennettujen akkujen, kesto tulisi olla vähintään yhdeksän tuntia. Jos akuissa on pikalataus, niin neljä tuntia riittää, koska ne voidaan ladata lounastauoilla. Vaihdeettavien akkujen kesto tulisi olla vähintään kaksi tuntia, jos ne ovat "hot-swapattavia" eli ne ovat vaihdettavissa, kun virta on päällä. Liian usein vaihtaminen veisi liian paljon aikaa. AR-älylasien akunkesto riippuu niiden käyttötavan vaatimasta laskentatehosta. Lasien käyttäjä ei välttämättä käytä niiden kaikkia toiminnallisuuksia koko ajan. Tästä syystä lasien ilmoitettuun akunkestoan kannattaa suhtautua varauksella. (Syberfeldt, Danielsson & Gustafsson 2017, 4, 6.)

Kuten luvussa 2.6.2 kuvataan, tiedon visualisointiin käytettäviä optiikkoja on AR-älylaseissa kolme eri tyyppiä: Video, läpinäkyvä ja verkkokalvollinen. Teolliseen tuotantotilaan tulisi valita tuote, joka käyttää läpinäkyvää tai verkkokalvollista ratkaisua, ja videopohjaisia ratkaisuja tulisi välttää. (Syberfeldt, Danielsson & Gustafsson 2017, 7.)

Videopohjaisissa ratkaisuissa on väistämättäkin viivettä sen välillä mitä käyttäjä näkee ja mitä tapahtuu reaaliajassa. Tämä johtuu siitä, että videon tallentaminen, sen yhdistäminen graafisiin elementteihin ja sen näyttäminen käyttäjälle vie aikaa. Tämän lisäksi videopohjaisella ratkaisulla käyttäjän näköaisti on täysin digitaalinen ja riippuvainen teknologiasta, jolloin esimerkiksi virran loppuminen olisi liian riskialtista. On olemassa videopohjaisia laseja, joissa videoruuu on hyvin pieni eikä siis täysin digitalisoi käyttäjän näköaistia, mutta nämä ratkaisut ovat ongelmallisia, koska ne luovat käyttäjän näkökenttään sokean pisteen. Tuotantotila on yleensä riskialtis ympäristö, jonka

takia on tärkeää, että lasit eivät vaikuta käyttäjän näköön negatiivisesti, jotta hän voi olla aina tietoinen siitä, mitä hänen ympärillään tapahtuu. (Syberfeldt, Danielsson & Gustavsson 2017, 7.)

Läpinäkyvällä ratkaisulla graafinen kuva heijastetaan suoraan laseihin, joiden läpi käyttäjä näkee myös todellisen maailman. Tämän ansiosta se, mitä käyttäjä näkee, on synkronoitu lisätyn tiedon kanssa. Etuja ovat, että käyttäjällä on suora, muuttumaton näkymä todellisesta maailmasta ilman viivettä ja että graafiset tiedot voidaan laittaa tarkasti todellisen maailman objektien päälle. Nämä edut tekevät läpinäkyvästä ratkaisusta videoratkaisua selvästi soveltuvamman ratkaisun teolliseen käyttöön. (Syberfeldt, Danielsson & Gustavsson 2017, 7.)

### **2.13 Jäljellä olevien tuotteiden kattava arviointi**

Seuraavaksi luvun 3.2 pohjalta jäänyt lista arvioidaan kattavasti. Tässä vaiheessa suositellaan arvioimaan loput parametreistä, jotta paras tuote lopulta löydetäisiin. Parametrien arvioiminen voi tuntua työläältä, mutta useimmat parametreista ovat kvantitatiivisia, joten ne ovat helposti arvioitavia. Arvioitavia tuotteita ei tässä vaiheessa myöskään ole montaa, koska lukujen 3.1 ja 3.2 vaiheet ovat lyhentäneet listaa. Alla esitetään lisäparametrit sekä selitykset siitä, miksi ne ovat olennaisia. (Syberfeldt, Danielsson & Gustavsson 2017, 4.)

Kamerassa täytyy olla video- ja valokuvaustoiminnot ja siinä pitää olla vähintään 3 megapikseliä. Kameran avulla voidaan dokumentoida tilanteita sekä olla etäyhteydessä asiantuntijan kanssa. (Syberfeldt, Danielsson & Gustavsson 2017, 6, 7.)

Myyjän täytyy tarjota avoin rajapinta. Lähes kaikki tukijärjestelmät on räätälöitävä ja mukautettava tiettyyn sovellusskenaarioon. Avoin rajapinta on tarpeellinen, koska se mahdollistaa omien sovellusten kehittämisen tiettyjä käyttötapauksia varten. Kaikissa Syberfeldtin tutkimusryhmän vertailuissa tuotteissa oli avoin rajapinta. Tuotantotiloissa tulee usein vastaan komplekseja tehtäviä, jotka vaativat AR-älylaseilta edistynyttä toiminnallisuutta, jota niiden alkuperäisessä järjestelmässä on harvoin. Avoin rajapinta mahdollistaa käyttöliittymän ja järjestelmän täyden kustomoinnin, jota ilman AR-älylasit olisivat lähes kelvottomat teolliseen käyttöön. (Syberfeldt, Danielsson & Gustavsson 2017, 6, 7.)

AR-älylaseissa pitää olla mikrofoni ja kaiutin. Mikrofonin on tarpeellinen äänikomentojen antamiseen ja muiden operaattorien tai esimiesten kanssa kommunikointiin. Kaiuttimet ovat välttämättömiä kommunikointiin ja ääniopastuksen vastaanottamiseen. (Syberfeldt, Danielsson & Gustavsson 2017, 6.)

Sensorien tarve riippuu käyttötapauksesta. Tarpeellisia sensoreita voivat olla esimerkiksi gyro-skooppi, kompassi, kiihtyvyysanturi, etäisyysanturi, GPS, eleiden tunnistus, lämpöanturi, ympäröivän valon anturi. Ota selvälle mitä sensoreita sovellusskenaario vaatii ja varmista, että lasit tukevat niitä. (Syberfeldt, Danielsson & Gustavsson 2017, 6; Sensor Tips 2022.)

AR-älylaseissa täytyy olla handsfree-ohjaus. Teollisten operaattorien täytyy yleensä käyttää käsiään työtehtävien tekemiseen, joten laseja tulisi voida hallita ilman käsiä. Yleisin tapa toteuttaa handsfree-ohjaus on käyttämällä äänikomentoja. (Syberfeldt, Danielsson & Gustavsson 2017, 6.)

Prossessorin täytyy olla vähintään kaksiytiminen. Prossessorin täytyy olla tarpeeksi vahva, jotta se kestäisi raskasta prosessointia, kuten geometrinen muotojen havaitsemista ja reaaliaikaista graafisten elementtien renderöintiä ilman visuaalista viivettä. (Syberfeldt, Danielsson & Gustavsson 2017, 6.)

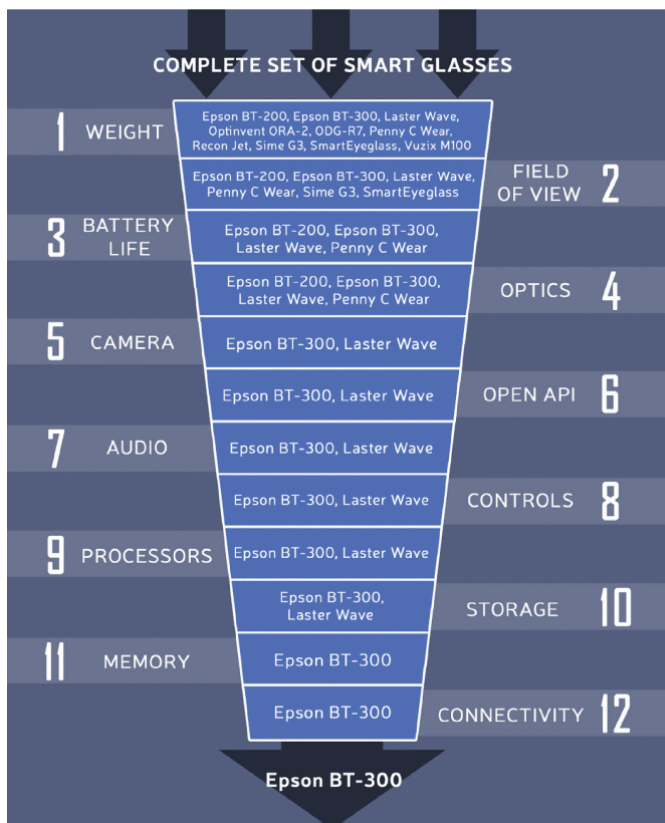
Tallennustilaa täytyy olla vähintään 30 gigatavua. Graafiset elementit, videot, äänitiedostot yms., täytyy tallentaa lasihin paikallisesti, jotta lasia voi käyttää myös ilman WIFI-yhteyttä. Keskusmuistia tulisi olla vähintään 2 gigatavua. Nopea ja reaaliaikainen laskenta täytyy suorittaa keskusmuistissa, joten se ei saa olla liian pieni. (Syberfeldt, Danielsson & Gustavsson 2017, 6.)

AR-älylaseissa täytyisi olla WIFI-yhteys. Wifi:n avulla lasit voidaan yhdistää Internetiin tai paikalliseen verkkoon, mikä on välttämätöntä sisällön lataamiseen ja tukisysteemin kontrollointiin keskuspalvelimelta. (Syberfeldt, Danielsson & Gustavsson 2017, 6.)

On hyödyllistä, että tekninen henkilöstö tuntee käyttöjärjestelmän valmiiksi, jotta oppimiseen käytettäviltä kustannuksilta vältytään. Monilla yrityksillä on käytäntöjä siitä, mitä käyttöjärjestelmiä voidaan käyttää. Pidä huoli, että mahdollisia käytäntöjä noudatetaan. (Syberfeldt, Danielsson & Gustavsson 2017, 6.)

Lasien tulee olla pölynpitävät, jos työntekijät altistuvat huomattavalle määrälle pölyä. Tässä tapauksessa varmistaa, että lasit täyttävät IP5X-, tai korkeamman luokituksen. Muussa tapauksessa lasien ei tarvitse olla pölynpitäviä. Lasien täytyy olla myös vedenpitävät, jos työntekijät altistuvat kosteudelle, esimerkiksi veden roiskeille tai höyrylle. Tässä tapauksessa varmistaa, että lasit täyttävät IPX3-, tai korkeamman luokituksen. Muussa tapauksessa lasien ei tarvitse olla vedenpitäviä. (Syberfeldt, Danielsson & Gustavsson 2017, 6.)

Syberfeldt tutkimusryhmineen vertaili ja arvioi 12 löytämäänsä tuotetta parametrien avulla vuonna 2017 julkaistussa tutkimuksessa. Kuvassa 7 esitetään, miten eri AR-älylasimallit on karsittu pois arvioiden niitä parametrien avulla. Kaikkien parametrien arvioitua suositelluksi tuotteeksi osoittautui lopuksi Epson Moverio BT-300. (Syberfeldt, Danielsson & Gustavsson 2017, 11.)



Kuva 11. AR-älylasimallien arviointi parhaan tuotteen löytämiseksi (Syberfeldt, Danielsson & Gustavsson 2017, 11)

## 2.14 Lisätyn todellisuuden älylasien tulevaisuuden näkymät

Yritykset ympäri maailmaa työskentelevät ahkerasti integroidakseen teknologian entistä saumattomammin ja käyttäjäystävällisemmin, ja AR-lasit ovat tämän vallankumouksen eturintamassa. Ajan myötä AR-lasit sulautuvat huomaamattomasti perinteisiin lasihin. (Woods, 2021.)

### 2.14.1 Potentiaalit tulevaisuudessa

Teknologiayritykset kuten Facebook, Microsoft ja Apple ovat investoineet AR-teknologisiin liittyen. Sen lisäksi yhä useammat tutkimuslaitokset ja yliopistot ovat panostaneet AR-teknologian tutkimiseen. Tulevaisuudessa peli-, urheilu- ja viihdesektorin ennustetaan hyödyntävän enemmän AR-teknologiaa kuluttajasovelluksissa. (Simone 2021; Chen, Wang, Chen, Song, Tang & Tian 2019) AR-teknologian markkinoiden arvioidaan kasvavan valtavasti seuraavan vuosikymmenen aikana. Markkinoiden kokonaistuottojen arvioidaan kasvavan 165,3 Yhdysvaltain dollariin vuoteen 2030 mennessä. (Vynz Research 2021) Gartnerin hypekäyrän mukaan AR on valmis poistumaan pilottivaiheesta ja siirtymään tuottavuuden vaiheeseen (Immersive learning news 2021). Tämä tarkoittaa sitä, että AR-teknologia on kehityksessä valmis kaupalliseen käyttöön ja tuottamaan yrityksille markkinoilla tulosta (Simone 2021).

AR-älylasisovellukset saattavat uudistaa toimintatapojamme ja tuoda syvällisen muutoksen jokapäiväisiin aktiviteetteihimme. Tarkastellaan seuraavaksi joitakin alueita, joissa AR-älylasit voisivat luoda uudenlaisia mahdollisuuksia ja parannuksia:

AR-älylasit avaavat uusia ulottuvuuksia yhteistyöhön ja kommunikaatioon. Niiden sisäänrakennetut ääni- ja videotoinnot sujuvoittavat viestintää ja mahdollistavat tiedon jakamisen visuaalisessa muodossa. Johtokeskus eli johtajat ja asiantuntijat voivat esimerkiksi hyödyntää älylaseja seurataksien kenttätöntekijöiden työympäristöjä reaaliaikaisen videokuvan kautta. Näin he voivat tarjota töntekijöille neuvoja, apua ongelmatilanteissa tai yksityiskohtaisia ohjeita, jotka voivat vähentää virheiden määrää. (Quantumrun Foresight 2022.)

Teollisuuden tuotantolinjojen nopeutta, tuottavuutta, sääntöjenmukaisuutta ja laadunvalvontaa voidaan merkittävästi parantaa käyttämällä AR-älylaseja. Näiden lasien tarjoamat reaaliaikaiset ohjeet ja tiedot auttavat töntekijöitä suorittamaan tehtävänsä tehokkaammin, nopeammin ja virheettömästi. (Quantumrun Foresight 2022.)

AR-älylasien avulla terveydenhuollon ammattilaisille voidaan toimittaa potilaskohtaisia tietoja, mikä tukee heidän päätöksentekokykyään ja parantaa diagnostista tarkkuutta. Tämä edistää nopeampia diagnostisia päätöksiä. (Quantumrun Foresight 2022.)

Kulttuurielämykset, kuten museokäynnit tai teatteriesitykset, voivat saada uuden ulottuvuuden AR-älylasien avulla. Lasit voivat tarjota vierailijoille syventävää tietoa nähtävyyksistä ja esityksistä, esimerkiksi teatterissa ne voivat näyttää käännöstekstejä tai museoissa tarjota lisätietoa näyttelyistä. (Quantumrun Foresight 2022.)

Urheilijat voivat hyötyä AR-älylasien tuomasta reaaliaikaisesta tiedosta, joka koskee heidän suorituksiaan. Näitä tietoja voivat olla esimerkiksi nopeus, matka, teho ja muut suoritusindikaattorit. (Quantumrun Foresight 2022.)

Rakennusalan työntekijät voivat hyötyä AR-älylasien tarjoamista uusista työkaluista, jotka tehostavat tuottavuutta ja parantavat turvallisuutta. Näiden lasien avulla työntekijät voivat saada reaaliaikaista tietoa ja ohjeita. (Quantumrun Foresight 2022.)

Lisätty todellisuus tekee mainonnasta interaktiivisempaa. Tämä avaa markkinoijille ja mainostajille täysin uudenlaisia tapoja tavoittaa asiakkaita. AR-mainonnan käyttöön on useita syitä, mukaan lukien mahdollisuus luoda vahva tunneside yleisöön, säästää mainoskustannuksissa, lisätä myyntiä sekä tehostaa paikallista mainontaa. AR tuo mukanaan monia etuja ja avaa uusia mahdollisuuksia luoda ainutlaatuisia ja vaikuttavia mainoskokemuksia. (Kamal 2021.)

Lisätty todellisuus tuo ihmeitä ostokokemuksessa. Se auttaa sitouttamaan asiakkaita eri brändeihin ja tuotteisiin digitaalisten kokemusten avulla, jotka mahdollistavat tuotteiden virtuaalisen kokeilun, tutustumisen, vuorovaikutuksen ja jopa personoinnin. Näiden kokemusten avulla voidaan tarjota yksityiskohtaista ja intuitiivista tuotetietoa perinteisten kokemusten sijaan, mikä rikastuttaa ostokokemusta ja tekee siitä entistä interaktiivisemman. (Kamal 2021.)

Tulevaisuudessa AR-älylasit voivat tarjota käyttäjille merkittäviä etuja hyödyntämällä sijaintitietojen perusteella luotuja graafisia elementtejä. Näiden elementtien avulla voidaan integroida animaatioita, kuvia ja muita tietoja todelliseen ympäristöön, luoden ainutlaatuisen ja rikastetun käyttökokemuksen. (Kamal 2021.)

AR mullistaa koulutusalaan tekemällä oppitunneista entistä interaktiivisempia ja keskittymällä käytännön harjoitteluun pelkän teorian sijasta. AR lisää virtuaalisia objekteja todelliseen maailmaan ja luo uudenlaisen oppimisympäristön, joka auttaa syventämään ymmärrystä eri aiheista ja tarjoaa opiskelijoille rikkaamman ja interaktiivisemmän oppimiskokemuksen. (Kamal 2021.)

AR-älylasit ovat tulevaisuudessa keskeisessä roolissa peliteollisuudessa. Ne tarjoavat mahdollisuuden sijoittaa tietokoneella luotuja kuvia todelliseen ympäristöön, luoden näin ainutlaatuisia ja immersivisiä pelikokemuksia. (Kamal 2021.)

#### **2.14.2 Haasteet tulevaisuudessa**

Seuraavaksi käydään läpi AR-älylasien kohtaamia haasteita. Ensinnäkin AR-älylasit kohtaavat vähemmän todistettuja liiketoimintamalleja, mikä voi aiheuttaa epävarmuutta alan kehityksessä. Lisäksi AR-sovellusten suunnittelun ja kehittämisen standardit ovat vielä puutteellisia. (Kamal 2021.)

Toiseksi AR-älylasit kohtaavat tietoturva- ja yksityisyysongelmia. Tietoturvaloukkaukset, valvonta ja tietojen väärinkäyttö voivat aiheuttaa riskejä (Kamal 2021). Näitä riskejä voidaan lieventää sääntelyn ja teollisuuden standardien avulla. Näin varmistetaan, että AR-älylasit voivat toimia turvallisessa ja luotettavassa ympäristössä. (Tamer 2023b.)

Kolmanneksi AR-älylasien käytössä voi olla fyysisiä riskejä (Kamal 2021.) Vaikka AR mahdollistaa virtuaalisten elementtien lisäämisen todelliseen ympäristöön, se voi aiheuttaa mahdollisuuksia fyysiselle vahingolle, kuten törmäyksiä tai esteiden huomaamatta jättämisen (Baba 2023).

Lisäksi AR-älylasien sisällön laatu voi olla haaste (Kamal 2021). Laadukas sisältö on välttämätöntä käyttökokemuksen ja hyödyllisyyden kannalta. Tasokas sisältö houkuttelee käyttäjiä ja vahvistaa heidän sitoutumistaan AR-älylaseihin, edistäen samalla alan kehitystä ja menestystä (Boying 2022.)



Sosiaaliset kysymykset ovat myös yksi haaste, jotka AR-älylasit kohtaavat (Kamal 2021). AR-älylasien laajamittainen käyttöönotto voi johtaa sosiaalisten normien ja käytöstapojen muutoksiin. Käyttäjien tasapainotelmassa virtuaalisten ja todellisten vuorovaikutusten välillä, uusia normeja voi syntyä määrittelemään, milloin älylaseja on sopiva käyttää ja miten säilyttää kunnioittava käytös teknologian käytön aikana. Yhteiskunnan on otettava huomioon nämä sosiaaliset kysymykset ja varauduttava tukemaan terveitä ja kunnioittavia käytäntöjä älylasien käytössä. (Tamer 2023c.)

Lopuksi AR-älylaseissa voi kohdata teknisiä rajoituksia ja ongelmia (Kamal 2021). Nämä haasteet liittyvät suunnitteluun, näytön laatuun, akunkestoon, käyttöliittymään, äänentoistoon, yhteysominaisuuksiin ja tietoturvaan. Näiden teknisten rajoitusten voittaminen on tärkeää, jotta voidaan tarjota korkealaatuinen ja saumaton käyttäjäkokemus AR-älylasien avulla. Jatkuvan tutkimuksen ja innovaatioiden avulla voidaan kehittää parempia ratkaisuja näihin haasteisiin ja edistää AR-älylasien toiminnallisuutta entisestään. (Tamer 2023a.)

AR-älylaseihin liittyy siis haasteita, kuten liiketoimintamallit, suunnittelustandardit, tietoturva, yksityisyys, fyysiset riskit, sisällön laatu, sosiaaliset vaikutukset ja tekniset rajoitukset (Kamal 2021). Näitä haasteita voidaan kuitenkin käsitellä sääntelyn, standardien ja jatkuvan kehityksen avulla, jotta AR-älylasit voivat kehittyä ja menestyä (Tamer 2023).

### 3 Lisätyn todellisuuden älylasien käyttäjien kokemukset ja mielipiteet

#### 3.1 Kyselytutkimus

Kyselylomake on tavallisin tapa kerätä aineistoa kvantitatiivisessa eli määrällisessä tutkimuksessa. Kyselyn yksi muoto on survey-tutkimus, joka tarkoittaa, että kysely on standardoitu eli vakioitu. Tämä tarkoittaa sitä, että jokaiselta vastaajalta kysytään sama asiasisältö tarkalleen samalla tavalla. Tapa soveltuu hyvin suurelle ja hajaantuneelle joukolle ihmisiä. Kyselytutkimus on melko taloudellinen tapa hankkia tietoa suurelta ihmismäärältä. Kyselylomakkeiden etuna on se, että ne ovat anonyymejä. Haittana on, että kaikki vastaajat eivät välttämättä halua vastata moniin kysymyksiin, joten vastausprosentilla on riski jäädä alhaiseksi. Tämän lisäksi lomakkeiden palautuksessa voi olla viiveitä ja nämä vaikuttavat aina tutkimuksen aikatauluun. (Vilkkä 2021, 76; Anttila 1996, kappale 9.1.5.)

Kyselylomake voidaan jakaa sähköpostitse. Sähköposti- tai internetkysely toimii parhaiten, kun perusjoukko muodostuu yritysten ja organisaatioiden toimijoista ja on riittävän suuri. (Vilkkä 2021, 76; Tilastokeskus s.a.)

#### 3.2 Tutkimuksen tavoite ja kohderyhmä

Tutkimuksemme kyselyn tavoitteena oli selvittää lisätyn todellisuuden älylasien käyttäjien, kehittäjien ja tutkijoiden käsityksiä ja kokemuksia kyseisestä teknologiasta. Halusimme myös selvittää kuinka todennäköisenä vastaajat pitivät sitä, että lisätyn todellisuuden älylasit korvaavat älypuhelimet. Tutkimuksemme yksi tavoite on selvittää, miltä lisätyn todellisuuden älylasien tulevaisuus näyttää ja päätimme käyttää tämän selvittämiseksi kyselylomaketta.

Valitsimme lisätyn todellisuuden älylasien käyttäjät, kehittäjät ja tutkijat kohderyhmäksi, koska halusimme vastauksia henkilöiltä, joilla on käytännön kokemusta teknologiasta. Uskoimme, että tältä kohderyhmältä saa perusteellisempaa tietoa, kuin sellaisilta henkilöiltä, joilla ei ole näistä käytännön kokemusta.

#### 3.3 Kyselyn sisältö ja toteutus

Kyselylomaketta tehdessä on otettava huomioon sen kohderyhmä ja varmistettava, että sisältö on esitetty heille ymmärrettävällä tavalla. Tähän vaiheeseen on käytettävä riittävästi aikaa ja kyselyä on testattava. (Vilkkä 2021, 83.)

Kyselylomakkeen kysymykset voivat olla monivalinta-, avoimia tai sekamuotoisia kysymyksiä. Avoimien kysymysten tarkoituksena on saada vastaajalta sellaisia mielipiteitä mitä ei voida antaa monivalintakysymyksissä. Sekamuotokysymyksiä on hyvä käyttää, kun ei olla varmoja siitä tuntee vastaaja kaikki vastausvaihtoehdot. Kysymysten järjestyksessä tulisi olla jonkinlainen juoni, koska johdonmukaisuus helpottaa vastaamista. (Vilkkä 2021, 84.)

Kyselymme koostui 10 vapaaehtoisesta kysymyksestä. Vapaaehtoisten kysymysten haittapuoli on se, että tietyt kysymykset saattavat saada vähemmän vastauksia. Toisaalta vastaaja ei välttämättä osaa vastata kaikkiin kysymyksiin ja pakottaminen voi aiheuttaa sen, että vastaaja jättää kyselyn kesken. (Valli & Aarnos 2018, sähköposti-, ja internetkyselyt) Tästä syystä päätimme pitää kaikki kysymykset vapaaehtoisina.

Kyselyssä oli kolme monivalintakysymystä, kolme sekamuotokysymystä, kaksi lineaarista asteikkoa ja neljä avointa kysymystä, joista kaksi oli monivalintakysymysten tarkentavia kysymyksiä.

Halusimme selvittää, minkälainen kokemus kohderyhmällämme on lisätyn todellisuuden älylasista. Selvitimme myös, kuinka usein kohderyhmä on käyttänyt älylaseja. Tämän lisäksi kysyimme mitä älylasimerkkejä -ja malleja vastaajat ovat käyttäneet. Teimme kyselyn Google Forms alustalla. Kysely koostui monivalinta-, sekä avoimista kysymyksistä. Teimme kyselyn englanninkielisenä saadaksemme laajemman otannan kuin suomen kielellä tehtynä.

Etsimme Googella lisätyn todellisuuden älylasien yhteisöjä ja tulimme siihen tulokseen, että Discord, Reddit ja Facebook olivat aktiivisimpia alustoja. Esitetasimme kyselylomaketta jakamalla sen Discordissa, Redditissä sekä Facebookissa noin 15 yhteisöön. Esitestaamisen jälkeen ja- oimme kyselyn valmista versiota uudestaan näissä yhteisöissä, sekä muissa näiden alustojen yhteisöissä, joita löysimme. Yhteensä jaoimme kyselyn noin 30 yhteisöön edellä mainituilla alustoilla. Lähetimme kyselyä myös sähköpostitse alan tutkijoille. Saimme lähdeluettelostamme kattavan listan merkittävistä alan tutkijoista. Tutkijoita, joihin olimme yhteydessä, oli noin 30. Tämän lisäksi laadimme listan 13 AR-teknologia-alalla toimivasta yrityksestä ja lähetimme heille kyselyn sähköpostitse.

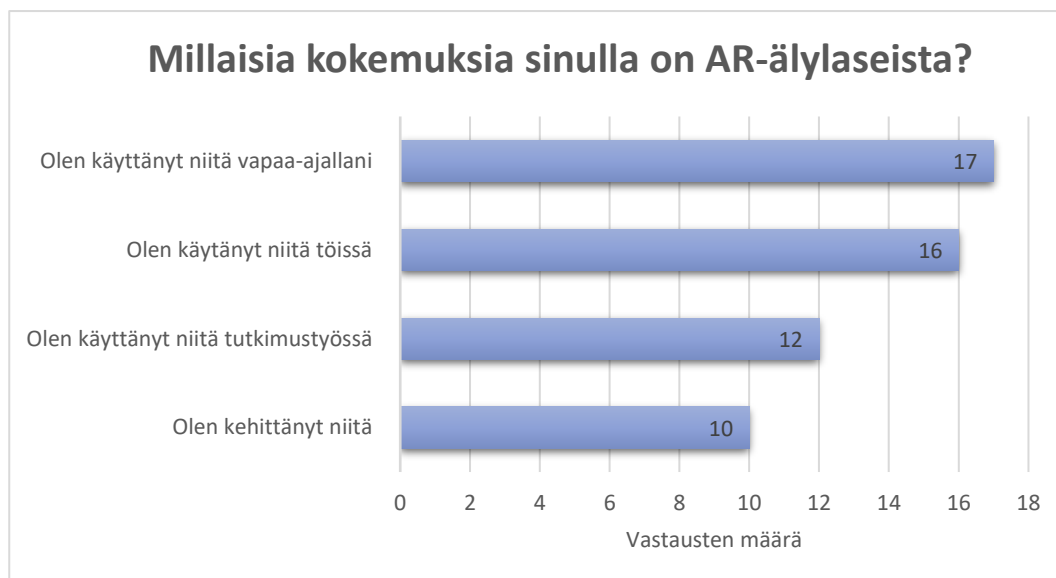
Kokonaistutkimuksessa tutkitaan koko tutkimuksen perusjoukkoa. Kokonaistutkimusta käytetään yleensä silloin kun perusjoukko on pieni. Jos perusjoukko on kooltaan niin suuri, että kaikkia havaintoyksiköitä ei olisi järkevää tai mahdollista tutkia, valitaan niistä tutkittavaksi vain tietyt yksiköt eli käytetään otantaa. Valinta voidaan toteuttaa satunnaisella otannalla tai harkinnanvaraisella otannalla. (Jyväskylän yliopiston Koppa.)

### **3.4 Kyselyn tulokset**

#### **Ensimmäinen kysymys**

Kyselyn ensimmäinen kysymys oli sekamuotokysymys ja siinä kysyimme vastaajilta heidän kokemuksistaan AR-älylaseista. Ensimmäiseen kysymykseen vastasi 31 henkilöä. Vastausvaihtoehtoja olivat: "Olen käyttänyt niitä vapaa-ajalla", "Olen käyttänyt niitä töissä", "Olen käyttänyt niitä tutkimustyössä", "Olen kehittänyt niitä", sekä "muu", johon vastaaja pystyi kirjoittamaan mitä tahansa. Lisäksi vastausvaihtoehtona oli "Minulla ei ole kokemusta niistä", jolla rajasimme pois vastaajat, joilla ei ole minkäänlaista kokemusta AR-älylasien käytöstä. Vastausvaihtoehtoja pystyi myös valitsemaan useamman kuin yhden.

Kyselyn vastaajista eniten, eli 17 vastasi käyttäneensä AR-älylaseja vapaa-ajallaan (54,8 %). Toiseksi eniten eli 16 vastasi käyttäneensä AR-älylaseja töissä (51,6 %). Kolmanneksi eniten eli 12 vastasi käyttäneensä AR-älylaseja tutkimustyössä (38,7 %). AR-älylaseja kehittäneitä oli vastaajista vähiten, eli 10 (32,3 %). Kaksi vastaajista tarkensi vielä käyttökokemustaan. Toinen heistä kertoi käyttävänsä veljensä AR-älylaseja välillä. Toinen kertoi kehittäneensä VR ja AR laseja kolmen vuosikymmenen ajan.



Kuva 12. Kyselyn ensimmäisen kysymyksen vastaukset

### Toinen kysymys

Toisessa kysymyksessä kysimme vastaajien ikää. Toiseen kysymykseen vastasi 31 henkilöä. Vastaajista kuusi oli alle 25-vuotiaita (19,4 %), seitsemän oli 25–34-vuotiaita (22,6 %), 10 oli 35–44-vuotiaita (32,2 %), viisi oli 45–55-vuotiaita (16,1 %) ja kolme oli yli 55-vuotiaita (9,7 %).



Kuva 13. Kyselyn toisen kysymyksen vastaukset

### Kolmas kysymys

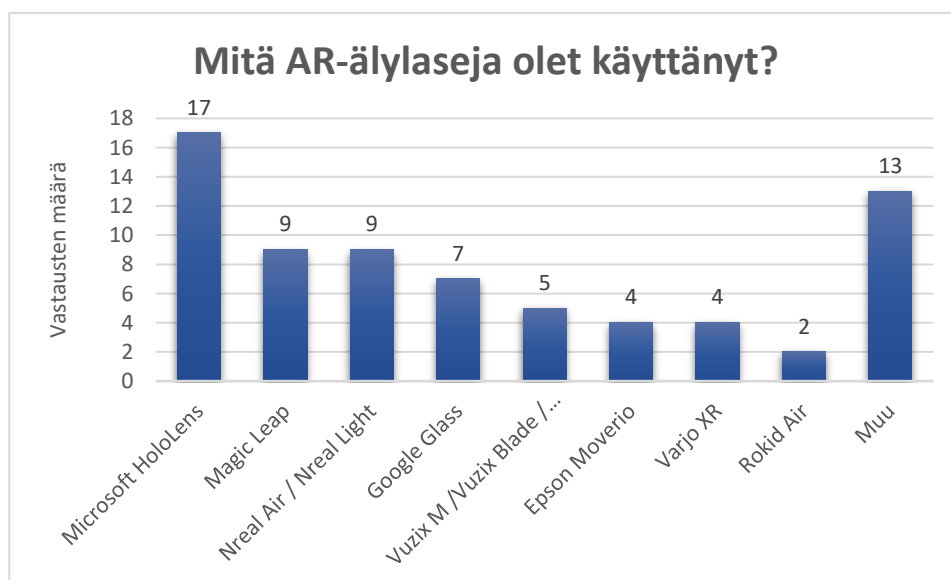
Kolmannessa kysymyksessä kysimme vastaajilta, kuinka usein he käyttävät tai ovat käyttäneet AR-laseja. Kolmanteen kysymykseen vastasi 30 henkilöä. Vastaajista yhdeksän vastasivat käyttävänsä AR-älylaseja päivittäin (30 %), kuusi kerran viikossa (20 %), yhdeksän kerran kuukaudessa (30 %) ja kuusi vastasi käyttävänsä laseja harvemmin kuin kerran kuukaudessa (20 %).



Kuva 14. Kyselyn kolmannen kysymyksen vastaukset

#### Neljäs kysymys

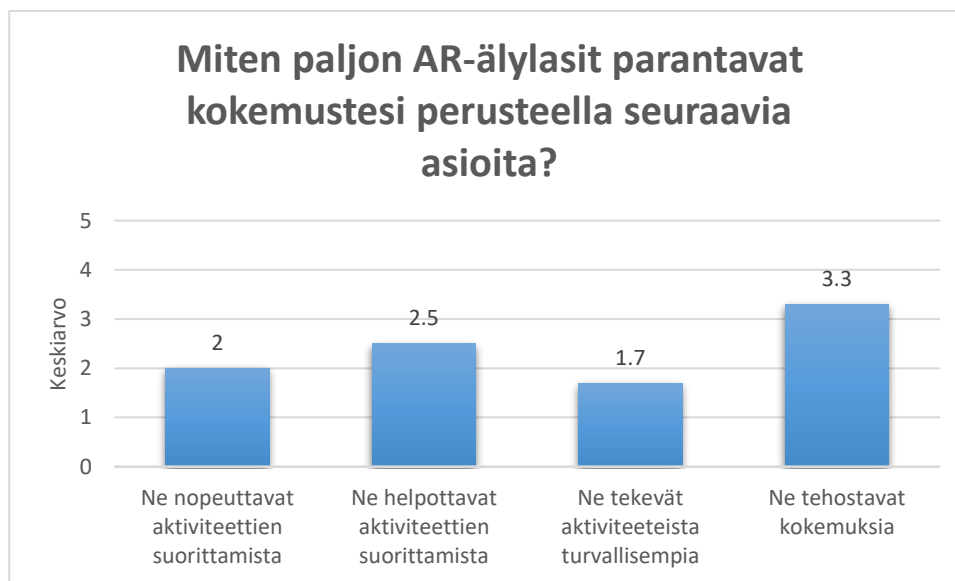
Neljännessä kysymyksessä kysimme vastaajilta mitä AR-älylaseja he ovat käyttäneet. Neljanteen kysymykseen vastasi 30 henkilöä. Selvästi suosituimmat lasit olivat Microsoft HoloLens (Kuva 10). Näitä oli käyttänyt vastaajista 17 (56,7 %). Toiseksi eniten vastaajat olivat käyttäneet Magic Leap-sekä Nreal Air- tai Nreal Light -älylaseja. Molemmat vaihtoehdot olivat saaneet yhdeksän vastausta (30 %). Kolmanneksi eniten vastaajat olivat käyttäneet Google Glass -älylaseja. Näitä oli käyttänyt seitsemän vastaajaa (23,3 %). Osa vastaajista olivat myös valinneet "muu"-vaihtoehdon ja lisänneet laitteita, jotka eivät olleet valmiiksi vastausvaihtoehdoissa.



Kuva 15. Kyselyn neljännen kysymyksen vastaukset

## Viides kysymys

Viidennessä kysymyksessä selvitimme kuinka paljon AR-älylasit parantavat seuraavia asioita. Vastausvaihtoehtoina olivat “ne nopeuttavat aktiviteettien suorittamista”, “ne helpottavat aktiviteettien suorittamista”, “ne tekevät aktiviteeteista turvallisempia” ja “ne tehostavat kokemusta”. Jokaisessa vastausvaihtoehdossa oli lineaarinen asteikko (0–5), jossa 0 tarkoitti “ei ollenkaan” ja 5 tarkoitti “erittäin paljon”. Viidenteen kysymykseen vastasi yhteensä 28 henkilöä. Aktiviteettien nopeutus sai keskiarvokseen 2, aktiviteettien helpottaminen 2,5, aktiviteettien turvallisemmaksi tekeminen 1,7 ja kokemusten tehostaminen 3,3.



Kuva 16. Kyselyn viidennen kysymyksen vastaukset

Kysymykseen liittyi myös avoin kysymys, jossa vastaaja pystyi tarkentamaan kokemuksiaan. Halusimme kerätä tietoa vastaajien perusteluista. Avoimeen kysymykseen vastasi 14 henkilöä ja valitsimme niistä osan tarkasteltaviksi. Vastaukset on käännetty englannin kielestä.

Vastaajat jakoivat mielipiteitään AR-älylasien hyödyistä. AR-älylaseja voi käyttää esimerkiksi ilmailuteollisuudessa koneiden kokoamiseen sekä tarkastamiseen, mutta ne vaativat paljon infrastruktuuria erityisesti silloin kun puhutaan niiden hyödyntämisestä kolmiulotteisessa tilassa. AR-älylasit myös vapauttavat kädet ja ne eivät vaadi pöytää tai muuta alustaa.

”Ilmailuteollisuudessa kokoamisen ja tarkastuksen kannalta niissä on paljon järkeä, mutta ne ovat erittäin infrastruktuuriintensiivisiä. Varsinkin kun on kyse lasien sijoittamisesta kolmiulotteiseen tilaan suhteessa katseltaviin ominaisuuksiin/alueisiin.”

”Mahdollistaa sisällön katselun ilman käsiä tai pöytää/alustaa.”

Niillä on potentiaalia tietyillä aloilla kuten koulutuksessa ja tietyissä immersiiivisissä kokemuksissa markkinointiyhteysissä.

”Älylasit, joissa on lisätty todellisuus, vaikuttavat toistaiseksi erikoistuneilta, mutta niillä on potentiaalia tietyillä alueilla, kuten koulutuksessa ja erityisissä immersiiivisissä kokemuksissa (markkinointi). Uskon, että sovellusalueiden laajentamisella on suurta potentiaalia siihen pisteeseen asti, että AR voisi parantaa päivittäisiä toimintoja tarpeeksi, jotta niiden hankkiminen olisi järkevää.”

Ne tarjoavat relevanttia tietoa suoraan aktiviteetin aikana, eikä käyttäjän tarvitse kuluttaa ylimääräistä aikaa manuaaliseen tiedonhankintaan. Tämä tuo suuren avun käyttäjälle ja tekee toiminnasta sujuvampaa.

“Lisätiedon saaminen päätöksentekokontekstissa toiminnan yhteydessä tarkoittaa vähemmän aikaa käyttöliittymien, puhelimen kirjautumisten, verkkohakujen jne. kanssa kamppailuun – kontekstittietojen saaminen käyttötilanteessa oli erittäin hyödyllistä.”

AR-älylasit luovat uusia näkökulmia erityisesti peleihin ja kokemukset ovat melkein aidontuntuisia.

“Se todella tarjoaa uuden näkökulman varsinkin peleihin, plus se, että kokemus on [lähes] aidontuntuinen.”

AR-älylasit saivat vastaajilta myös kritiikkiä. Yhden vastaajan mukaan AR-älylasit voivat lisätä tietoa ohjeistamaan käyttäjää, mutta ne eivät todellisuudessa helpota asioiden tekemistä, koska käyttäjän tulee kohdentaa ja valita kohde joka kerta. Hänen mukaansa AR-älylasit aiheuttavat turvallisuushaittaa, koska ne luovat häiritseviä hologrammeja ja pienentävät käyttäjän näkökenttää. Osa vastaajista kokivat AR-älylasit lähes hyödyttömiksi.

“[Ne voivat] tehdä joistakin toiminnoista helpompia lisäämällä tietoa, joka ohjaa sinua tehtävässäsi. [Ne eivät] kuitenkaan todella tee toiminnoista helpompia, koska on hankalaa tähdätä kädellä ja napsauttaa kaikkea. Tuntuu siltä, että ellei sovellusta ole suunniteltu luomaan turvallista ympäristöä (näyttäen vaaralliset alueet), [ne näyttävät] pikemminkin tekevän toiminnoista vähemmän turvallisia, koska [huomiosi on kiinnittynyt muualle], silmiesi tarkennus on poissa kohdaltaan keskittyessäsi hologrammeihin, ja laite – – voi rajoittaa omaa [näkökenttääsi].”

“Tällä hetkellä ne eivät vain ole tarpeeksi [hyödyllisiä] tekemään paljoa käytännössä, HoloLens oli lähimpänä todellista spatiaalista tietokonetta, mutta se ei ollut hyvä sovellusten suhteen.”

“Ei ole suurta eroa, HoloLensillä on kauhea käyttöliittymä, joka vaatii aikaa oppimiseen, ja kokemukset, joita voimme näyttää, ovat hyvin rajallisia toisin kuin Quest-laitteissa.”

“Tällä hetkellä Nreal Air toimii vain ulkoisena näyttönä, mutta sen voi yhdistää DEX-tilaan tai muihin vastaaviin työpöytätiloihin Android-laitteissa HUD-tyyppisen kokemuksen luomiseksi”

AR-älylasien hyödyllisyys riippuu yhden vastaajan mukaan siitä mihin niitä käytetään ja kuinka niitä voidaan soveltaa suoritettavaan aktiviteettiin.

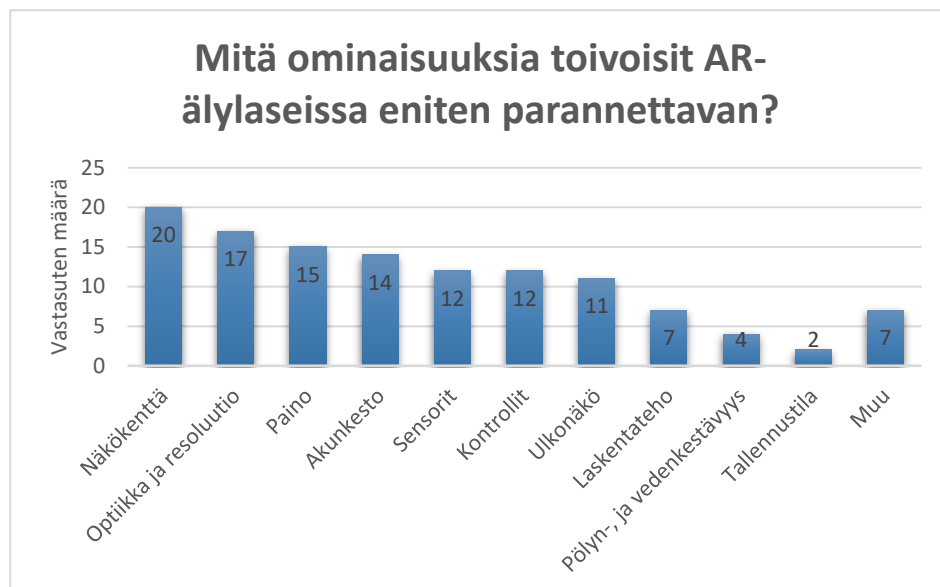
“Se riippuu käyttötapauksesta ja saumattomasta integraatiosta suoritettavaan toimintaan.”

## Kuudes kysymys

Kuudennessa kysymyksessä kysyimme vastaajilta, mitä he haluaisivat AR-älylaseissa eniten parannettavan. Ohjeistimme vastaajia valitsemaan kymmenestä erilaisesta vaihtoehdosta viisi ominaisuutta, joiden he kokivat tarvitsevan eniten parannusta AR-älylaseissa. Kysymyksessä oli vaihtoehtona myös “muu”, jolla vastaajat pystyivät lisäämään omia vaihtoehtoja. Kysymykseen vastasi yhteensä 29 henkilöä.

Kuvasta 13 voidaan nähdä, että useimmat vastaajista kokivat näkökentän tarvitsevan eniten parannusta. Sen valitsi 20 vastaajaa (69 %). Toiseksi eniten vastaajat kokivat optiikan ja resoluution

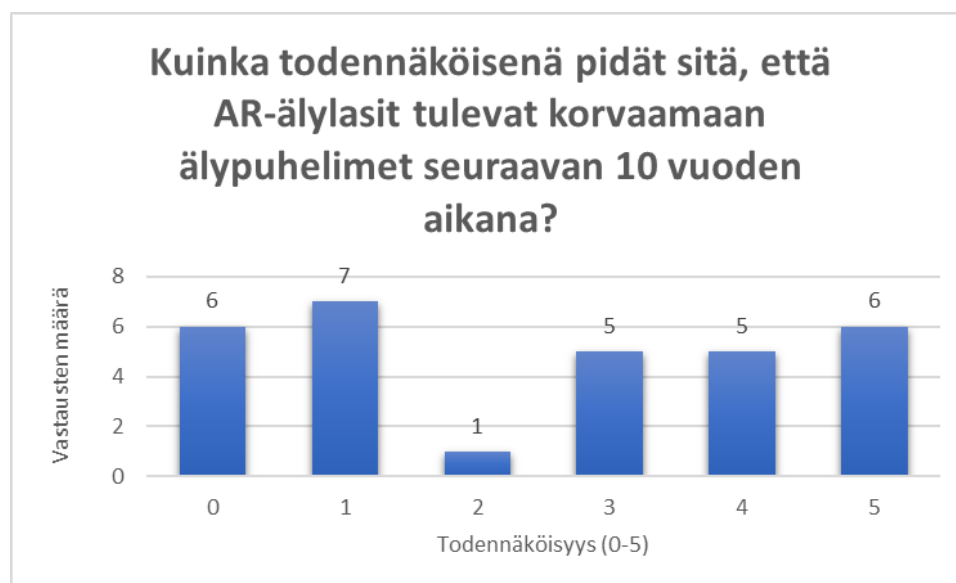
tarvitsevan parannusta. Sen valitsi 17 vastaajaa (58,6 %). Kolmannella sijalla oli paino, jonka valitsi 15 (51,7 %) vastaajaa.



Kuva 17. Kyselyn kuudennen kysymyksen vastaukset

### Seitsemäs kysymys

Kyselyn seitsemännessä kysymyksessä kysyimme vastaajilta, kuinka todennäköisenä he pitävät sitä, että lisätyn todellisuuden älylasit tulevat korvaamaan älypuhelimet seuraavan kymmenen vuoden aikana. Kysymyksessä oli lineaariset vastausvaihtoehdot nollasta viiteen, jossa nolla tarkoitti "Ei lainkaan todennäköistä" ja viisi tarkoitti "Erittäin todennäköistä". Kysymykseen vastasi 30 henkilöä. Vastausten keskiarvoksi tuli 3,46 eli vastaajat uskoivat enemmän siihen, että AR-älylasit tulevat korvaamaan älypuhelimet kuin siihen, että ne eivät tule korvaamaan älypuhelimia.



Kuva 18. Kyselyn seitsemännessä kysymyksen vastaukset



## Kahdeksas kysymys

Kyselyn kahdeksannessa kysymyksessä kysimme vastaajilta mitkä ovat heidän mielestään viisi merkittävintä vaatimusta, jotka AR-älylasien tulisi täyttää, jotta ne voisivat korvata älypuhelimet. Kysymykseen vastasi yhteensä 31 vastaajaa. Eniten vaihtoehtoista, 24 (67,7 %), valittiin se, että AR-älylaseja täytyy olla mukava käyttää pitkiäkin ajanjaksoja. Toiseksi merkittävimpänä asiana vastaajat pitivät sitä, että lasilla täytyy pystyä tekemään samat asiat kuin älypuhelimella. Tämän valitsi 21 (58,1 %) vastaajista. Kolmanneksi merkittävin asia oli, että niiden käyttö täytyy olla turvallista. Tämän valitsi 19 (54,8 %) vastaajista.



Kuva 19. Kyselyn kahdeksannen kysymyksen vastaukset

Kahdeksannessa kysymyksessä oli myös avoin vastauskenttä, jossa vastaajat pystyivät tarkentamaan ja perustelemaan heidän vastauksiaan. Kysymys sai yhteensä 15 vastausta ja valitsimme niistä osan tarkasteltaviksi. Vastaukset on käännetty englannin kielestä.

Vastaajat olivat sitä mieltä, että AR-älylasien tulisi sopia mahdollisimman monen ihmisen päähän, sekä niiden tulisi olla helppokäyttöiset ja edulliset. Niiden pitäisi tarjota kaikki olennaiset toiminnot, lisätä käyttäjän turvallisuutta ja olla niin mukavat päässä, että niitä pystyisi käyttämään koko päivän.

"Tärkein asia, jotta AR-laseista tulisi yhtä suosittuja kuin älypuhelimista, on saavutettavuus. [Niiden] pitäisi sopia mahdollisimman monen ihmisen päähän/silmille, – – olla helppokäyttöiset useille ihmisille ja – – olla tarpeeksi halvat, jotta ihmiset voivat antaa niille mahdollisuuden, jos he eivät ole koskaan kokeneet XR-laitetta tai eivät tiedä millaista se on."

"\*Korvata\* tarkoittaa olennaisten toimintojen jäljentämistä [ja] jos ei, [niin] on päätettävä tuoko vähemmän toimiva laite lisäarvoa muilla alueilla sen perustelemiseksi. Turvallisuus on tärkeää - peruslähtökohtana on, että voin käyttää läpinäkyvää AR-tekniikkaa katsomatta alas puhelimeeni, tämän pitäisi kaiken kaikkiaan tehdä siitä älypuhelimista turvallisemman, jos tehdään hyviä käyttöliittymävalintoja. Painon, lämmön ja muiden tekijöiden on sallittava koko päivän kestävä käyttö; Ajattelemme matkapuhelintamme siten, koska se on satunnaisessa käytössä, mutta aina saatavilla."

AR-älylasien, joissa ei ole käyttäjän silmiä seuraavaa gyroskooppia, koettiin rasittavan silmiä ja niska-älypuhelimia enemmän. Tämän lisäksi kaikissa AR-älylaseissa ei ole näytön jakamista oletuksena.

“Erityisesti ilman [gyroskooppia] ja silmien liikkeiden seuranta, silmien ja niskan rasitus on pahempaa kuin puhelimella. Ei näytön jakamista oletuksena.”

Joidenkin vastaajien mukaan AR-älylasien tulisi tarjota älypuhelimien ominaisuudet ja yhden vastaajan mukaan myös lisätä niihin uusia ominaisuuksia, jotta ne voisivat korvata älypuhelimet. Yksityisyyteen liittyvät ongelmat koettiin myös oleelliseksi.

“Ensinnäkin korvataksaan nykyiset älypuhelimet [niissä täytyy olla älypuhelimien ominaisuudet] ja [lisätä niihin enemmän ominaisuuksia]. – – Yksityisyyden osalta Google Glass herätti monia huolenaiheita julkisesta kuvaamisesta, jotka saattavat vielä tänäänkin olla [oleellisia].”

“Näen tämän teollisuuden näkökulmasta. Olen erittäin huolissani niiden käytöstä julkisissa ympäristöissä yksityisyyteen liittyvien ongelmien vuoksi.”

“– – Ensinnäkin sen on mahdollistettava kuluttajille tehtävien suorittaminen samalla tai paremmalla tavalla kuin nykyiset älypuhelimet pystyvät”

Erään vastaajan mukaan kuluttajien hyväksyntä on tärkeää ja AR-älylasien laaja omaksuminen riippuu niiden hinnasta.

“Kuluttajien hyväksyntä on avainasemassa. Laaja omaksuminen [riippuu] hinnasta, mutta on aina ihmisiä, jotka ovat valmiita maksamaan. – –”

AR-älylasit voivat lisätä toimintoja, mutta eivät tule korvaamaan älypuhelimia. AR-älylaseja ei koettu suoraksi kilpailijaksi älypuhelimille. AR-älylasit voivat tulla suosituiksi, mutta älypuhelimilla on silti omat etunsa.

“AR-älylasit mahdollistavat lisää toimintoja, mutta eivät korvaa älypuhelimia.”

“En usko, että älylasit ovat suora kilpailija älypuhelimille. Uskon, että AR-lasit tulevat suosituiksi, mutta käsikäyttöisillä laitteilla, kuten nykyisillä älypuhelimilla, on etunsa. Luulen, että tämä on samankaltaista kuin se, kuinka ajattelimme videopuheluiden tappavan tekstiviestit, mutta tekstiviestit jatkavat elämäänsä ja ovat jopa monien suosiossa.”

AR-älylasien ohjaus käsielein koettiin hankalaksi. Laitteen muotoilu koettiin merkittäväksi, koska ihmiset eivät halua käyttää kömpelöä laitetta julkisesti.

“Käsieleillä kommunikointi vaikuttaa melko väsyttävältä, joten tarvitaan erittäin hiottu vuorovaikutustapa, joka on vähintään yhtä kätevä kuin – – [kosketusnäyttö]; uskon, että muotoilulla on myös erittäin suuri merkitys - kukaan ei halua käyttää kömpelöä laitetta julkisesti.”

## Yhdeksäs kysymys

Yhdeksännessä kysymyksessä kysyimme vastaajilta, mitkä muut tekijät voisivat vaikuttaa AR-älylasien mahdollisuuteen korvata älypuhelimet. Kysymys sai 13 vastausta. Vastaukset on käännetty englannin kielestä.

Erään vastaajan mukaan AR-älylasien käytettävyyttä eri ympäristöissä ja olosuhteissa on tärkeää. AR-älylaseissa, jotka eivät hyödynnä videopohjaista optiikkaa todellisen maailman näkemiseen, esiintyy ongelmia kirkkaissa ympäristöissä.

“Käytettävyyttä eri ympäristöissä ja olosuhteissa. Nykyisillä AR-laseilla, jotka eivät [käytä kameraa] todellisen maailman näkemiseen, on ongelmia näytön kirkkauden kanssa. – – Näyttö ja optiikka, jotka kykenevät vain noin 300–1000 nitiin, eivät ole vielä täysin käyttökelpoisia päivänvalossa. – –”

Vastaajat olivat sitä mieltä, että sosiaalisilla ja kulttuurisilla tekijöillä on suuri merkitys AR-älylasien käyttöönottoon. Laitteiden täytyy olla hyväksyttävää ja ihmisten täytyy olla valmiita niiden käyttämiseen. 5G:n saatavuus sekä infrastruktuurin riittävyys koettiin myös tärkeiksi.

“Sosiaaliset tekijät - laitteen hyväksyttävyyttä, johon olemme läheisemmin yhteydessä (biometrit, kamerat) ja 5G:n saatavuus useammassa paikassa.”

“Kulttuuri - ovatko ihmiset valmiita siihen? Luulen, että kyllä. Glass hole -päivät ovat menneitä.”

“Ihmisten vastustus ehkä ja infrastruktuurin puute.”

AR-älylaseissa pitäisi olla jokin vahva avaintoiminto, joka motivoisi ihmisiä alkaa käyttämään lauseja. Vastaajat pohtivat muun muassa sitä, tuleeko AR-älylasien käyttöön säännöksiä, jotka estävät niiden käytön tietyissä paikoissa, kuten elokuvateattereissa. Niiden kyky yhdistyä sovelluksiin ja sosiaalisiin verkostoihin on myös merkittävä asia. Yhden vastaajan mukaan AR-älylasit eivät ole suora kilpailija älypuhelimille, vaan ne voisivat elää rinnakkain ja AR-älylasit olisivat lisävaruste älypuhelimille. AR-älylaseissa ohjelmistolla on suuri merkitys. Niiden tulisi tunnistaa käyttäjän ympäristö ja hyödyntää sitä laajennetun todellisuuden luomisessa. Lisäksi niiden täytyisi olla multimodaalisia ja helpottaa vaikeita tehtäviä.

“Tarvitsee todella vahvan avaintoiminnon motivoimaan ihmisiä siirtymään älypuhelimesta AR-älylaseihin.”

“Käytännöt, esimerkiksi voiko niitä käyttää elokuvateattereissa? Kyky yhdistää sovelluksiin ja sosiaalisiin verkostoihin”

“En usko, että on suoraa kilpailua. Uskon, että [älylaseille löytyy joukko] sovelluksia, joihin ne soveltuvat hyvin, ja joihin älypuhelimet eivät pysty, ja molemmat voivat elää rinnakkain. Mahdollisesti älylasit voivat olla älypuhelimien [lisälaite], samalla tavalla kuin bluetooth-kuulokkeet voivat lisätä ominaisuuksia älypuhelimeen.”

“Ohjelmisto, ohjelmisto, ohjelmisto!!! Juuri nyt ohjelmisto on vain puhelin kelluvilla [tasoilla], se ei ole lainkaan vakuuttava ja kömpelö käyttää! Tarvitsemme järjestelmäohjelmiston, joka hyödyntää [laajennettua todellisuutta] käyttämällä ympäristöä vuorovaikutukseen, olemalla multimodaalinen ja tekemällä vaikeat tehtävät helpoksi hyvän suunnittelun avulla (jota työstän, Stardust XR).”

Yhden vastaajan mielestä AR-älylasien pitäisi olla kevyitä ja hyvin muotoiltuja. Niissä pitäisi myös olla alhainen virrankulutus.

Hinta ja käytön helppous koettiin merkittäviksi asioiksi. Lisäksi AR-älylaseissa tulisi olla taitettava näyttö tai niiden pitäisi olla niin pienet, että ne mahtuvat taskuun. Niiden pitäisi olla myös kevyet ja hyvin muotoillut. Tämän lisäksi virrankulutuksen tulisi olla alhainen.

“Hinta ja käytön helppous.”

“[Kuluttajille]? Todennäköisesti hinta.”

“Taitettava näyttötekniikka.”

“Sen täytyy olla riittävän pieni mahtuakseen taskuun.”

“Kevyt paino ja hyvä muotoilu sekä alhainen virrankulutus.”

## Kymmenes kysymys

Kyselyn kymmenennessä kysymyksessä kysimme vastaajilta mitä muuta lisättävää heillä olisi AR-älylaseihin liittyen. Kysymys sai 9 vastausta ja valitsimme niistä osan tarkasteltaviksi. Vastaukset on käännetty englannin kielestä.

Älypuhelimien korvaaminen AR-älylaseilla tulee yhden vastaajan mukaan olemaan jopa vaikeampaa kuin tietokoneiden korvaaminen.

“Luulen, että älypuhelimien korvaaminen tulee olemaan paljon vaikeampaa kuin tietokoneiden korvaaminen.”

Yksi vastaaja kokee AR-älylasien julkisen käytön negatiivisena.

“Tarkoituksellisesti en koskaan käytä niitä julkisilla paikoilla.”

AR-älylasien teknologinen taso koetaan vielä heikoksi.

“Optiikka ja tarvittava prosessointi vaativat vielä toiset 3–5 vuotta kehitystä, vähintäänkin. Kaikki tämä on juuri nyt vain [hehikutusta]. Meta, Apple tai Google eivät julkaise lasia lähiaikoina.”

Erään vastaajan mukaan virrankulutus, lasien muotoilu ja kustannukset ovat ominaisuuksia, joita AR-älylaseissa pitäisi parantaa.

“Virrankulutus, muotoilu ja kustannukset ovat tällä hetkellä kiireellisiä asioita AR-laseille.”

Yhden vastaajan mukaan AR-älylasien ohjelmisto ei ole tarpeeksi vakuuttava ja niissä olevia sovelluksia on vain rajoitetusti. AR-älylaseissa on kuitenkin enemmän virtuaalitilaa verrattuna puhelimiin, mutta sitä ei voida tällä hetkellä hyödyntää järjestelmäohjelmiston takia. Vastaajan mukaan suunta ei ole oikea ja hän ei usko, että ne voisivat korvata älypuhelimet 10 vuoden aikana. Kuitenkin jos merkittäviä muutoksia tehdään AR-älylaseissa ja laitteisto kehittyy vain tarpeeksi nopeasti, on mahdollista, että nämä lasit korvaavat älypuhelimet jo viidessä vuodessa.

Yhden vastaajan mukaan se, korvaako AR-älylasit tulevaisuudessa älypuhelimet, riippuu eri tekijöistä. Älylasien ohjelmisto ei ole vielä vakuuttava ja laajennetun todellisuuden sovelluksien tarjonta on puutteellista. AR-älylasien kehitys ei ole mennyt oikeaan suuntaan, mutta uudet älylasimallit voivat muuttaa tämän.

“Aikaisempi kysymys siitä, korvaavatko AR-lasit älypuhelimet 10 vuoden aikana... riippuu suuresti. Juuri nyt, riippumatta siitä kuinka hyvä laitteisto on, yksin ohjelmisto ei ole tarpeeksi vakuuttava vaihtoon, edes minulle kehittäjänä. [Laajennetun todellisuuden] sovelluksia on vain rajoitetusti, ja ainoa parannus puhelimeen verrattuna on enemmän virtuaalitilaa, jota ei voida hyödyntää hyvin järjestelmäohjelmiston takia. En ole [huomannut], että tämä kehitys olisi

muuttunut paljoakaan, ellei ollenkaan, [vaan] se on vain pahentunut. Joten, [mihin suuntaan] asiat [ovat menossa]? Ei ole mitään mahdollisuutta, että ne korvaisivat älypuhelimien, oli [ne] sitten kuinka [kevyitä, ohuita ja mukavia] tahansa. Mutta jos jotain muuttuu (kuten toivon, että Stardust XR tuo mukanaan), niin se voisi olla ehdottomasti mahdollista, ehkä jopa 5 vuodessa, jos laitteisto [kehittyy tarpeeksi nopeasti].”

AR-älylasit eivät ole yhden vastaajan mielestä oikea kilpailija älypuhelimille, ja ne ovat kaukana niiden korvaamisesta. AR-älylasit sopivat paremmin lisävarusteeksi nykyisille laitteille.

”Ne sopivat paremmin lisävarusteeksi nykyisille tietokoneille ja puhelimille. Ne ovat kaukana siitä, että ne – – [korvaisivat älypuhelimien]. HoloLens 2 vaikuttaa hyvin [suunnitellulta], jos sillä vain olisi [pidempi akun kesto, CPU/GPU-tehoa], moderneja tekniikoita (renderöinti, parempi verkkomallinnus, [verkkokalvon keskiosaa hyödyntävä] renderöinti) ja parempi integraatio Windows-tietokoneiden kanssa, sitä käytettäisiin enemmän.”

### 3.4.1 Kyselytulosten yhteenveto

AR-älylaseja vapaa-ajalla käyttäneiden osuus oli 54,8 %. AR-älylaseja töissä käyttäneiden osuus oli 51,6 %. Tutkimustyötä AR-älylaseilla tehneitä oli 38,7 % ja AR-älylaseja kehittäneitä oli 32,3 %.

Ikäjakauma oli suhteellisen tasainen. Alle 25-vuotiaita oli vastaajista 19,4 %. 25–34-vuotiaita oli 22,6 %, 35–44-vuotiaita 32,2 % ja 45–55-vuotiaita 16,1 %. Yli 55-vuotiaita oli 9,7 %.

Vastaajien AR-älylasien käyttö jakautui melko tasaisesti. Päivittäin AR-älylaseja käyttäneitä oli vastaajista 30 %, kerran kuussa käyttäneitä 20 % ja kerran viikossa käyttäneitä 20 % vastaajista. Harvemmin kuin kerran kuukaudessa AR-älylaseja käyttäneitä oli vastaajista 20 %.

Kyselyyn vastanneista 56,7 % vastasivat käyttäneensä Microsoft HoloLens, 30 % Magic Leap, 30 % Nreal Air tai Nreal Light ja 23,3 % Google Glass AR-älylaseja.

Kyselyn vastaajat pitivät AR-älylasien kykyä tehostaa kokemuksia merkittävimpana hyötynä, sillä se sai asteikolla 0–5 keskiarvoksi 3,3. Aktiviteettien helpottaminen sai keskiarvoksi 2,5, aktiviteettien nopeuttaminen 2 ja turvallisuuden parantaminen 1,7.

Vastaajista 69 % mielestä AR-älylasien ominaisuuksista näkökenttä kaipaisi erityisesti parannusta. 58,6 % mielestä optiikkaa ja resoluutiota pitäisi parantaa ja 58,6 % mielestä painoa täytyisi keventää.

Vastausten keskiarvo siihen, korvaavatko AR-älylasit seuraavan 10 vuoden aikana älypuhelimet asteikolla 0–5 oli 3,46. Vastaajat pitivät tätä siis melko todennäköisenä.

Vastaajat korostivat kolmea tärkeintä vaatimusta AR-älylaseille, jotta ne voisivat korvata älypuhelimet. Käyttömukavuus oli merkittävin tekijä, jonka valitsi 67,7 % vastaajista. Toiseksi merkittävin tekijä (58,1 %) oli se, että AR-älylasit kykenevät tarjoamaan samat toiminnot kuin älypuhelimet. Kolmanneksi merkittävin tekijä AR-älylaseissa oli turvallisuus, jonka valitsi 54,8 % vastaajista. Vastaajista 45,2 % valitsi, että ne eivät saa olla huomattavasti kalliimpia kuin älypuhelimet.

Avoimessa osiossa tuli monta kertaa esille toiminnallisuuden tärkeys. AR-älylasien ei ole mahdollista korvata älypuhelimia ennen kuin ne tuovat jotain uusia toiminnallisuuksia tai vähintäänkin tarjoavat samat toiminnallisuudet kuin älypuhelimet. Sosiaaliset tekijät olivat myös olennaisia, sillä vastaajien mukaan AR-älylaseja tulee olla hyväksyttävää käyttää ihmisten keskuudessa. Tämän lisäksi monien vastaajien mukaan AR-älylasien hinta ja muotoilu olivat merkittäviä tekijöitä.

## 4 Pohdinta

Tavoitteenamme oli saada kattava käsitys siitä, miten AR-älylasit toimivat ja mihin tarkoituksiin niitä voi käyttää teollisessa sekä kuluttajakäytössä. Halusimme lisäksi selvittää, mitkä tekijät vaikuttavat niiden leviämiseen tulevaisuudessa. Tutkimuksessamme pyrimme vastaamaan kahteen tutkimuskysymykseen: "Miten lisätyn todellisuuden älylasit vastaavat kuluttajien ja teollisuuden tarpeita?" ja "Mitkä tekijät vaikuttavat lisätyn todellisuuden älylasien yleistymiseen tulevaisuudessa?"

### 4.1 Johtopäätökset

AR-älylasien tämänhetkiset merkittävimmät hyödyt liittyvät niiden toiminnallisiin ominaisuuksiin. Näitä ovat vähennetty tarve katsoa alas puhelinta, mahdollisuus seurata ohjeita pitämättä laitetta kädessä, viihteen kokeminen uudella tavalla ja asioiden samanaikaisesti tekemisen helpottuminen. Muita hyötyjä ovat kehittynyt navigointi, joka lisää turvallisuutta ja helpottaa reitin löytämistä. Urheilussa AR-älylasit voivat tarjota uusia haasteita ja antaa reaaliaikaista tietoa terveystieteilijöistä. Ruokailussa lasit voivat tarjota ohjeita ja ostoksia tehdessä ne voivat tarjota nopean pääsyn hintatietoihin, tarjouksiin ja arvosteluihin, parantaen ostokokemusta.

AR-älylasit pyrkivät tehostamaan käyttäjän todellisuutta graafisilla elementeillä. AR-älylasien uskotaan olevan uusi merkittävä teknologinen mullistus, ja ne saattavat jopa korvata älypuhelimet tulevaisuudessa. Kuluttajille AR-älylasit tarjoavat mahdollisuuden helpottaa arkea, kuten tiedonhakua. Ensimmäiset merkittävät markkinoille julkaistut AR-älylasit olivat Google Glass -älylasit, mutta ne eivät olleet kuluttajien mieleen. Google Glass -älylasit epäonnistuivat muun muassa huonon suunnittelun, yksityisyyshuolien, hinnan ja teknisten ongelmien vuoksi. Myöhemmin markkinoille ilmesivät Microsoft HoloLens ja Magic Leap One, mutta kuluttajilla oli näidenkin laitteiden kanssa ongelmia niiden hinnan ja koon takia. Muitakin älylasiprojekteja on ajan saatossa ilmestynyt, mutta vielä AR-älylaseista ei ole tullut valtavirran tuote.

AR-älylasien valinnassa teollisuussektorilla tärkeimmät parametrit ovat virransyöttö, paino, näkökenttä, akunkesto ja optiikka. Virran täytyy tulla akusta, sillä tuotantotiloissa työskentely vaatii liikkuvuutta. Laitteen paino on pidettävä alle 100 grammassa, jotta käyttäjä välttyy liialta rasitukselta. Laaja, vähintään 20 asteen näkökenttä on olennainen, jotta tiedot voidaan näyttää suurella alueella samalla kun todellisen maailman näkyvyys säilyy. Akun tulee kestää vähintään yhdeksän tuntia integroiduilla akuilla, neljä tuntia nopeasti ladattavilla akuilla ja kaksi tuntia vaihdettavilla akuilla. Optiikan osalta suositellaan läpinäkyviä tai verkkokalvoratkaisuja viiveen ja näköaistin häiriöiden välttämiseksi. Muita huomioonotettavia parametreja ovat muun muassa kameran kuvanlaatu, ääniominaisuudet, sensoreiden tarve, handsfree-ohjausmahdollisuus, prosessorin teho, tallennustilan ja keskusmuistin riittävyys, WIFI-yhteyden tarve sekä pölyn- ja vedenkestävyys.

AR-älylasien kehityksessä tavoitteena on luoda todenmukaisia ja saumattomasti ympäristöön sulautuvia graafisia elementtejä. Tämä on kuitenkin haastavaa, koska komponenttien suorituskyky, virrankulutus ja paino vaativat parannuksia. Mooren laki osoittaa, että lasien kokoa voidaan pienentää tulevaisuudessa.

Ihmisen näköjärjestelmän parametrien ymmärtäminen on tärkeää AR-lasien kehittämisessä. Ihmisen laaja näkökenttä ei vielä täysin toteudu AR-laseissa, joissa on myös muita puutteita, kuten katsealue, kulmaresoluutio, dynaaminen alue ja syvyysnäkö.

AR-älylasien parametrien välillä on ristiriitoja, jotka vaativat kompromisseja. Esimerkiksi kun halutaan laajentaa näkökenttää, saattaa kuvan tarkkuus heikentyä. Tämän ongelman ratkaisemiseksi

käytetään parempaa optiikkaa ja näyttöä. Syvyysnäkö voi myös aiheuttaa silmien räsitystä, mutta sitä pyritään vähentämään kevyemmän ja ohuemman optiikan avulla. Teknologiaa kehitetään jatkuvasti näiden puutteiden korjaamiseksi ja AR-lasien suorituskyvyn parantamiseksi.

AR-älylasien tulevaisuus näyttää kuitenkin lupaavalta. Suuret teknologiayritykset investoivat AR-teknologiaan, ja sen uskotaan tuovan merkittäviä parannuksia eri aloille, kuten peli-, urheilu- ja viihdeteollisuuteen. Markkinoiden uskotaan kasvavan valtavasti tulevina vuosina.

AR-älylasien sovellukset voivat uudistaa toimintatapojamme ja tuoda muutosta päivittäisiin aktiviteetteihin. Esimerkkejä tällaisista sovelluksista ovat parannukset yhteistyöhön, kommunikaatioon, teollisuuden tuotantolinjojen tuottavuuteen, terveydenhuoltoon, kulttuurielämysten rikastamiseen ja urheilijoiden suorituskyvyn seurantaan.

## 4.2 Kyselyn tulosten pohdinta

AR-älylaseja vapaa-ajalla käyttäneitä oli vain vähän yli puolet vastaajista, joka on yllättävää. AR-älylaseja töissä käyttäneiden osuus (51,6 %) oli melkein yhtä suuri kuin vapaa-ajalla käyttäneiden osuus (54,8 %). Voisi olettaa, että AR-älylaseja vapaa-ajalla käyttäneitä olisi huomattavasti enemmän kuin niitä työssään käyttäneitä. Yksi selitys tälle voi olla AR-älylasien kallis hinta, minkä takia harva ostaa itselleen AR-älylasit viihdekäyttöön. Yritykset sen sijaan saattavat olla valmiimpia investoimaan näihin laitteisiin, jos ne parantavat työn tuottavuutta.

Vastaajien ikäjakauma oli suhteellisen tasainen, mutta 35–44-vuotiaita oli eniten (32,2 %). Vastaajista vähiten oli yli 55-vuotiaita (9,7 %). Tämän voi selittää osittain se, että suuremmat ikäluokat omaksuvat uudet teknologiat yleensä viimeisenä. Alle 25-vuotiaita oli vastaajista 19,4 %. Nuorimmat ikäluokat eivät ole yhtä varakkaita, kuin 35–44-vuotiaat, jonka takia nuorilla on harvemmin varaa ostaa AR-älylaseja. Tämän lisäksi nuorilla henkilöillä ei ole yhtä paljon asiantuntevuutta, jota vaaditaan AR-älylasien kehittämiseen, kuin 35–44-vuotiailla.

Vastaajien AR-älylasien käyttö jakautui melko tasaisesti. Lähes kolmasosa vastaajista ilmoitti käyttävänsä AR-älylaseja päivittäin. Tämän selittää luultavasti se, että kyselyä jaettiin yhteisöissä, joissa on paljon AR-älylaseista kiinnostuneita.

Kyselyyn vastanneista yli puolet vastasivat käyttäneensä Microsoft HoloLens älylaseja. Tämä voi johtua siitä, että Microsoft HoloLens älylaseissa on laaja valikoima sovelluksia ja se toimii täysin itsenäisesti eli käyttöön ei tarvita erillistä tietokonetta tai älypuhelinta. Lisäksi Microsoft HoloLens on tällä hetkellä markkinoiden yksi tunnetuimmista älylasimalleista.

Kyselyn vastaajat arvostivat erityisesti AR-älylasien kykyä tehostaa kokemuksia, joka viittaa siihen, että käyttäjät kokevat AR-älylasien tarjoavan ainutlaatuisia ja rikastettuja elämyksiä. Vähiten vastaajat kokivat AR-älylasien parantavan turvallisuutta. Uskomme tämän johtuvan siitä, että vaikka AR-älylaseista pyritään tekemään turvallisia, niiden ensisijainen tarkoitus ei kuitenkaan ole tehdä aktiviteeteista turvallisempia, vaan tehostaa ja helpottaa työntekoa sekä luoda elämyksiä.

Vastaajien mielestä AR-älylasien ominaisuuksista näkökenttä kaipaasi eniten parannusta. Ihmisen näkökenttä on noin 180 astetta, mutta kuten luvussa 2.12 mainitaan, nykyisten AR-älylasien näkökenttä yltää korkeimmillaan 115 asteeseen. Kapea näkökenttä pakottaa käyttäjän kääntämään päätä, joka voi tehdä käytöstä epä mukavampaa. Myös optiikan ja resoluution parantaminen nousi merkittäväksi parannustarpeeksi. Tämä viittaa siihen, että vastaajat toivovat AR-älylasilta parempaa kuvanlaatua ja tarkkuutta. Paino oli kolmantena parannustarpeiden listalla. Edistyneimmät AR-

älylasit ovat vielä suhteellisen painavia, sillä AR-teknologian mahdollistavia komponentteja ei saada vielä tarpeeksi pieneen kokoon (ks. Luku 2.7).

Vastausten keskiarvo siihen, korvaavatko AR-älylasit seuraavan 10 vuoden aikana älypuhelimet asteikolla 0-5 oli 3,46. Vastaajat pitivät tätä siis melko todennäköisenä. Tätä voi selittää se, että kyselyyn vastasivat lähinnä AR-älylaseista kiinnostuneet henkilöt, joiden voi olettaa olevan optimistisia teknologian suhteen.

Vastaajat korostivat kolmea tärkeintä vaatimusta AR-älylaseille, jotta ne voisivat korvata älypuhelimet. Käyttömukavuus oli merkittävin tekijä, jonka valitsi 67,7 % vastaajista. Toiseksi merkittävin tekijä (58,1 %) oli se, että AR-älylasit kykenevät tarjoamaan samat toiminnot kuin älypuhelimet. Kolmanneksi merkittävin tekijä AR-älylaseissa oli turvallisuus, jonka valitsi 54,8 % vastaajista.

Vastaajat toistivat avoimessa osiossa toiminnallisuuden tärkeydestä. Älypuhelimien korvattavuus AR-älylaseilla ei ole mahdollista ennen kuin ne kykenevät tarjoamaan samat toiminnot ja tuomaan lisää toiminnallisuuksia. Sosiaaliset tekijät olivat myös olennaisia. Vastaajien mukaan AR-älylasien tulee olla hyväksyttäviä käyttää ihmisten keskuudessa. Monien vastaajien mukaan myös AR-älylasien hinta ja muotoilu olivat merkittäviä tekijöitä.

### 4.3 Tutkimuksen merkittävyys ja haasteet

Tutkimus toi merkittävää tietoa AR-älylasien käyttötapauksista sekä niiden teknologisista ominaisuuksista. Tutkimus avasi myös, miten niitä hyödynnetään kuluttaja- ja teollisuuspuolella ja miltä niiden tulevaisuus näyttää. Lisäksi tutkimus selvensi AR-älylasien käyttäjäkokemuksista sekä niiden mahdollisuudesta korvata älypuhelimet. Tutkimuksemme tarjoama tieto auttaa kehittäjiä ja suunnittelijoita luomaan parempia ja käyttäjäystävällisempiä AR-älylaseja. Ymmärrys käyttäjien tarpeista ja odotuksista auttaa parantamaan laitteiden suorituskykyä ja käyttökokemusta.

Kohtasimme haasteita tiedon keräämisessä, koska tätä teknologiaa käsitteleviä artikkeleita ja tutkimuksia oli vain rajallisesti käytössä. Myös kyselytutkimuksesta kiinnostuneita vastaajia oli hyvin vähän ja jouduimme jakamaan kyselyä useilla alustoilla usean viikon ajan. Saatujen vastausten määrä oli hyvin rajallinen ja kyselytutkimuksen tulokset olisivat voineet olla suuremmalla vastausmäärällä korkeampilaatuisia. Kyselytutkimuksen tulosten luotettavuus ja tarkkuus olisivat voineet parantua, mikäli vastausmäärä olisi ollut suurempi.

### 4.4 Tutkimuksen luotettavuus ja eettisyys

Tutkimuksen luotettavuudella tarkoitetaan tulosten tarkkuutta, eli mittauksen kykyä antaa ei-sattumanvaraisia tuloksia sekä mittaustulosten toistettavuutta. Toisen tutkijan pitäisi saada täsmälleen sama mittaustulos toistattaessaan mittauksen. (Vilkka 2021, 152.)

Tutkimuksen luotettavuutta voi heikentää monet asiat. Satunnaisvirheitä voi aiheuttaa muun muassa se, että vastaaja muistaa vastatessaan jonkin asian väärin tai ymmärtää asian eri tavalla kuin tutkija. Tutkija voi myös itse tehdä virheitä käsitellessään vastauksia. Virheiden vaikutus tavoitteiden kannalta ei välttämättä ole suuri. Tärkeintä on se, että tutkija ottaa kantaa selviin satunnaisvirheisiin. Jos tutkimustulokset vaikuttavat kummallisilta muiden tutkimusten tuloksiin verrattuna, on tutkimustekstissä pohdittava mistä virheet johtuvat. (Vilkka 2021, 152.)

Kyselytutkimuksessa ei kerätty vastaajien henkilötietoja tai muita tietoja, jotka voisivat identifioida heidät, kuten sähköpostiosoitteet. Kyselytutkimuksen vastaukset ovat englanniksi, joten niiden tulokinnassa on saattanut tapahtua virheitä. Etenkin kun puhutaan uudesta teknologiasta, jossa termit



eivät ole vielä vakiintuneet suomen kieleen, kääntäminen on osin haasteellista. Tästä syystä ennen kaikkea avointen kysymysten vastauksiin tulee suhtautua varauksella.

#### 4.5 Oman oppimisen reflektointi

Tutkimuksen aikana saimme laajasti tietoa AR-älylaseista. Opimme ymmärtämään niiden käyttötapauksia ja teknisiä ominaisuuksia sekä niiden merkitystä kuluttaja- ja teollisuuspuolella. Tutkimuksen myötä kehitimme taitoja tiedonkeruussa eri artikkeleista ja tutkimuksista, ja opimme keskittymään olennaisimpiin seikkoihin. Raportointiohjeiden noudattaminen auttoi meitä tekemään oikeaoppista raportointia tutkimustuloksista. Lisäksi opimme käyttämään erilaisia tutkimusmenetelmiä ja soveltamaan niitä tutkimuksessamme. Tämä tutkimus antoi meille arvokasta oppia ja kokemusta AR-älylasien alalta, joka on ajankohtainen ja innovatiivinen teknologia.

Tutkimuskyselyn tekeminen antoi meille arvokasta tietoa tutkimusprosessin eri vaiheista, erityisesti kysymysten luomisesta, vastausten keräämisestä ja vastausten analysoinnista. Opimme, miten luoda selkeitä ja merkityksellisiä kysymyksiä, jotka kattavat tutkimuksemme tavoitteet ja tutkimuskysymykset. Pyrimme käyttämään sekä avoimia että monivalintakysymyksiä saadaksemme monipuolista tietoa vastaajilta.

Vastausten keräämisessä opimme hyödyntämään verkkokyselyä ja sen tarjoamia etuja, kuten laajan kohdeyleisön tavoittamisen ja vastausten helpon tallentamisen. Käytimme myös kvalitatiivisia ja kvantitatiivisia tutkimusmenetelmiä, jotta saimme kattavan kuvan vastaajien mielipiteistä ja kokemuksista.

Tutkimuskyselyn tekeminen antoi meille arvokasta kokemusta tiedonkeruun ja analysoinnin prosesseista sekä kyvyn luoda merkityksellisiä johtopäätöksiä tutkimustuloksista. Tämä oppiminen auttaa meitä kehittämään tulevia tutkimuksia ja hyödyntämään tehokkaasti tutkimusmenetelmiä vastaavanlaisissa projekteissa.

#### 4.6 Ehdotuksia jatkotutkimukselle

Mahdollinen jatkotutkimusaihe olisi syventää tutkimusta käyttäjäkokemuksista AR-älylasien parissa. Tämä voisi sisältää laajemman tutkimuksen, joka kattaa esimerkiksi käyttäjien haastattelut, havainnoinnin ja pitkäaikaiset käyttäjätestit. Tällainen tutkimus auttaisi syventämään ymmärrystä AR-älylaseihin liittyvistä käyttäjätarpeista, haasteista ja odotuksista. Tulosten perusteella AR-älylaseja voitaisiin kehittää entistä käyttäjäystävällisemmiksi ja paremmin vastaamaan käyttäjien tarpeita.

## 5 Lähteet

- Abiresearch s.a. Optimizing UX for Smart Glasses. Luettavissa: <https://www.abiresearch.com/blogs/2020/03/05/augmented-reality-smart-glasses/>. Luettu: 14.5.2023.
- Alsop, T. 2022. Benefits of augmented reality (AR) glasses over cell phone or tablet according to adult consumers in the United States, as of 2017. Luettavissa: <https://www.statista.com/statistics/754728/us-benefits-ar-glasses/>. Luettu: 1.12.2022.
- Anttila, P. 1996. Tutkimisen taito ja tiedon hankinta. Akatiimi. Helsinki. E-kirja. Luettu: 19.2.2023.
- Bentley University 2018. The Case for Google Glass: Finding Success Through Failure. Luettavissa: <https://www.bentley.edu/news/case-google-glass-finding-success-through-failure>. Luettu: 13.12.2022.
- Bezmalinovic, T. 2021. Smart Glasses: Wann kommt der Durchbruch. Luettavissa: <https://www.eyebizz.de/brillen/smart-glasses-wann-kommt-der-durchbruch/>. Luettu: 13.12.2022.
- Boying, J. 2022. The Opportunities and Challenges for Applications of AR Glasses. Luettavissa: <https://equalocean.com/analysis/2022102819100>. Luettu: 12.5.2023.
- Bitkom 2021. Die Zukunft der Consumer Technology – 2021 Marktentwicklung & Mediennutzung, Trends & Technologien. Luettavissa: [bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Die-Zukunft-der-Consumer-Technology-2021-Marktentwicklung-Mediennutzung-Trends-Technologien#:~:text=Studie-,Die%20Zukunft%20der%20Consumer%20Technology%202021%3A%20Marktentwicklung%20%26%20Mediennutzung%2C%20Trends,und%20informiert%2C%20vernetzt%20und%20verbindet](https://bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Die-Zukunft-der-Consumer-Technology-2021-Marktentwicklung-Mediennutzung-Trends-Technologien#:~:text=Studie-,Die%20Zukunft%20der%20Consumer%20Technology%202021%3A%20Marktentwicklung%20%26%20Mediennutzung%2C%20Trends,und%20informiert%2C%20vernetzt%20und%20verbindet). Luettu: 13.12.2022.
- Baba, Y. 2023. What are the harms of Smart Glasses. Luettavissa: <https://capsulesight.com/smart-glasses/what-are-the-harms-of-smart-glasses/>. Luettu: 12.5.2023.
- Chen, Y., Wang, Q., Chen, H., Song, X., Tang, H. & Tian, M. 2019. An overview of augmented reality technology. Luettavissa: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1237/2/022082>. Luettu: 22.12.2022.
- Cholewiak, S., Başıgoze, Z., Cakmakci, O., Hoffman, D. & Cooper, E. 2020. A perceptual eyebox for near-eye displays. Luettavissa: <https://opg.optica.org/oe/fulltext.cfm?uri=oe-28-25-38008&id=444165>. Luettu: 2.12.2022.
- Cision PR Newswire 2015. Augmented Reality Leader Atheer Unveils AiR™ Glasses and AiR™ Enterprise Suite to Transform the Way Deskless Professionals Work and Collaborate. Luettavissa: <https://www.prnewswire.com/news-releases/augmented-reality-leader-atheer-unveils-air-glasses-and-air-enterprise-suite-to-transform-the-way-deskless-professionals-work-and-collaborate-300182246.html>. Luettu: 16.5.2023.
- Computer Hope 2022. Smart glasses. Luettavissa: <https://www.computerhope.com/jargon/s/smart-glasses.htm>. Luettu: 11.5.2023.
- Emery, W. & Camps, A. s.a. Optical Imaging Systems. Luettavissa: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/vignetting>. Luettu: 2.12.2022.

Gurman, M. & Nix, N. 2021. Facebook's Smart Glasses Can Take Calls and Photos, Lack AR. Luettavissa: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-09-09/facebook-s-smart-glasses-can-take-calls-and-photos-but-lack-ar#xj4y7vzkg>. Luettu: 13.12.2022.

Hayes, A. 2022. Augmented Reality (AR) Defined, with Examples and Uses. Luettavissa: <https://www.investopedia.com/terms/a/augmented-reality.asp>. Luettu: 1.12.2022.

Immersive Learning News 2021. Augmented Reality Disappeared From Gartner's Hype Cycle – What's Next? Luettavissa: <https://www.immersivelearning.news/2021/01/08/augmented-reality-disappeared-from-gartners-hype-cycle-whats-next/>. Luettu: 2.12.2022.

Jyväskylän yliopiston Koppa s.a. Kokonaistutkimus, otanta ja harkinnanvarainen näyte. Luettavissa: <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/aineistonhankintamenetelmat/kokonaistutkimus-otanta-ja-harkinnanvarainen-naeyte>. Luettu: 8.3.2023.

Kamal, R. 2021. AR smart glasses: Applications, Challenges & Future Potential [2022]. Luettavissa: <https://www.intuz.com/blog/augmented-reality-glass-application-usecases-challenges-future-potential>. Luettu: 12.5.2023.

Kim, J., Jeong, Y., Stengel, M., Aksit, K., Albert, R., Boudaoud, B., Greer, T., Kim, J., Majercik, Z., Shirley, P., Spjut, J. 2019. Foveated AR: dynamically-foveated augmented reality display. Luettavissa: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3306346.3322987>. Luettu: 14.1.2023.

Mathlin, L. 2021. State of AR glasses, smart glasses & wearables in 2021, part1. Luettavissa: <https://blog.arilyn.com/ar-smart-glasses-wearables-2021>. Luettu: 26.4.2023.

Microsoft s.a.a. HoloLens 2. Luettavissa: <https://www.microsoft.com/fi-fi/hololens>. Luettu: 16.5.2023.

Microsoft s.a.b. Mitä on lisätty todellisuus eli AR? Luettavissa: <https://dynamics.microsoft.com/fi-fi/mixed-reality/guides/what-is-augmented-reality-ar/>. Luettu: 18.5.2023.

Moon, M. 2021. Xiaomi launches its own smart glasses, of course. Luettavissa: <https://techcrunch.com/2021/09/14/xiaomi-launches-its-own-smart-glasses-of-course/?guccounter=1>. Luettu: 13.12.2022.

Moore, G. 1965. Cramming more components onto integrated circuits. Luettavissa: <https://www.cs.utexas.edu/~fussell/courses/cs352h/papers/moore.pdf>. Luettu: 9.12.2022.

Neumann, D. 2020. Samsung sagt das Ende des Handys voraus – schon in 4 Jahren. Luettavissa: <https://www.futurezone.de/b2b/article60922/samsung-spricht-vom-ende-aller-handys.html>. Luettu: 13.12.2022.

Nyc Media Lab 2021. Innovation Monitor: The Past, Present, and Future of AR Glasses. Luettavissa: <https://nycmedialab.medium.com/innovation-monitor-the-past-present-and-future-of-ar-glasses-cb4ab5e06e11> Luettu: 16.3.2023.

Phan, T. 2021. Smart glasses: A brief history. Luettavissa: <https://thehustle.co/09102021-smart-glasses-history/>. Luettu: 13.12.2022.

Porter, M. & Heppelmann, J. s.a. How does Augmented Reality Work? Luettavissa: <https://hbr.org/2017/11/how-does-augmented-reality-work#:~:text=Augmented%20reality%20starts%20with%20a,which%20analyzes%20the%20video%20stream>. Luettu: 11.5.2023.

Quantumrun Foresight 2022. Smart Glasses: Vision of the future. Luettavissa: <https://www.quantumrun.com/insight/smart-glasses-vision-future>. Luettu: 12.5.2023.

Rauschnable, P., Brem, A. & Ro, Y. 2015. Augmented Reality Smart Glasses: Definition, Conceptual Insights, and Managerial Importance. Luettavissa: [https://www.researchgate.net/profile/Alexander-Brem-2/publication/279942768\\_Augmented\\_Reality\\_Smart\\_Glasses\\_Definition\\_Conceptual\\_Insights\\_and\\_Managerial\\_Importance/links/5721ec2e08aee857c3b5dd6c/Augmented-Reality-Smart-Glasses-Definition-Conceptual-Insights-and-Managerial-Importance.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Alexander-Brem-2/publication/279942768_Augmented_Reality_Smart_Glasses_Definition_Conceptual_Insights_and_Managerial_Importance/links/5721ec2e08aee857c3b5dd6c/Augmented-Reality-Smart-Glasses-Definition-Conceptual-Insights-and-Managerial-Importance.pdf). Luettu: 14.9. 2022.

Rauschnable, P. & Ro, Y. 2016. Augmented Reality Smart Glasses: An Investigation of Technology Acceptance Factors. Luettavissa: [https://www.researchgate.net/profile/Philipp-Rauschnabel/publication/301565182\\_RAUSCHNABEL\\_RO\\_Augmented\\_Reality\\_Smart\\_Glasses\\_An\\_Investigation\\_of\\_Technology\\_Acceptance\\_Factors/links/571a45d808ae408367bc87ac/RAUSCHNABEL-RO-Augmented-Reality-Smart-Glasses-An-Investigation-of-Technology-Acceptance-Factors.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Philipp-Rauschnabel/publication/301565182_RAUSCHNABEL_RO_Augmented_Reality_Smart_Glasses_An_Investigation_of_Technology_Acceptance_Factors/links/571a45d808ae408367bc87ac/RAUSCHNABEL-RO-Augmented-Reality-Smart-Glasses-An-Investigation-of-Technology-Acceptance-Factors.pdf). Luettu: 14.9.2022.

Reddy, P. 2021. Smart Glasses: The Next Evolution for Wearable Technology. Luettavissa: <https://medium.com/@ppreddy576/smart-glasses-the-next-evolution-for-wearable-technology-db832f83b079>. Luettu: 17.3.2023.

Road to VR 2018. The Difference Between Smartglasses & AR Glasses, and Why Everyone is Confused. Luettavissa: <https://www.roadtovr.com/difference-between-smartglasses-and-augmented-reality-glasses-why-everyone-is-confused/>. Luettu: 17.5.2023.

Ripert, D. 2021. AR smart glasses use cases for consumers: everything you need to know. Luettavissa: <https://poplar.studio/blog/ar-smart-glasses-use-cases-for-consumers/>. Luettu: 11.5.2023.

Rogers, J. 2022. Apple's AR glasses could be pushed back to 2025 or 2026 amid 'design issues', says analyst. Luettavissa: [https://www.marketwatch.com/story/apples-ar-glasses-could-be-pushed-back-to-2025-or-2026-amid-design-issues-says-analyst-11667500335?mod=search\\_headline](https://www.marketwatch.com/story/apples-ar-glasses-could-be-pushed-back-to-2025-or-2026-amid-design-issues-says-analyst-11667500335?mod=search_headline). Luettu: 13.12.2022.

Sensor Tips 2022. What sensors are used in AR/VR systems? Luettavissa: <https://www.sensor-tips.com/featured/what-sensors-are-used-in-ar-vr-systems-faq/>. Luettu: 16.5.2023.

Silmäasema s.a. Näöntarkkuus. Luettavissa: <https://www.silmaasema.fi/artikkeli/naontarkkuus.html>. Luettu: 6.12.2022.

Simone, L. 2021. AUGMENTED REALITY SMART GLASSES IN THE CONSUMER SECTOR: CURRENT STATUS AND CHALLENGES. Luettavissa: [https://run.unl.pt/bitstream/10362/138510/1/2021-22\\_fall\\_45812\\_laura-gebelhoff.pdf](https://run.unl.pt/bitstream/10362/138510/1/2021-22_fall_45812_laura-gebelhoff.pdf). Luettu 28.11.2022.

Simonen, J. 2019. Characterizing Augmented reality Displays Based On Waveguide Gratings. Luettavissa: <https://www.optofidelity.com/blog/characterizing-augmented-reality-displays-based-on-waveguide-gratings>. Luettu 27.11.2022.

Softtek 2021. What are the different types of Augmented Reality. Luettavissa: <https://blog.softtek.com/en/what-are-the-different-types-of-augmented-reality>. Luettu: 13.5.2023.

Syberfeldt, A., Danielsson, O. & Gustavsson, P. 2017. Augmented Reality Smart Glasses in the Smart Factory: Product Evaluation Guidelines and Review of Available Products. Luettavissa: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7927376>. Luettu: 20.10.2022.

Tamer T. 2023a. The Technical Challenges Involved in Creating Smart Glasses. Luettavissa: <https://capsulesight.com/smartglasses/the-technical-challenges-involved-in-creating-smart-glasses/>. Luettu: 12.5.2023.

Tamer T. 2023b. The Place of Smart Glasses in Our Lives in the Future. Luettavissa: <https://capsulesight.com/smartglasses/the-place-of-smart-glasses-in-our-lives-in-the-future/>. Luettu: 12.5.2023.

Tamer T. 2023c. The Potential Impacts of Smart Glasses on Social Norms and Culture. Luettavissa: <https://capsulesight.com/smartglasses/the-potential-impacts-of-smart-glasses-on-social-norms-and-culture/#changing-social-norms-and-etiquette>. Luettu: 12.5.2023.

TeamViewer s.a. Augmented Reality vs Virtual Reality. Luettavissa: <https://www.teamviewer.com/en-us/augmented-reality-ar-vs-virtual-reality-vr/>. Luettu: 12.5.2023.

Awati, R. s.a. What is field of view (FOV). Luettavissa: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/field-of-view-FOV>. Luettu: 18.5.2023.

Tilastokeskus s.a. Perusjoukko. Luettavissa: <https://www.stat.fi/meta/kas/perusjoukko.html>. Luettu: 16.2.2023.

Tulane University s.a. What's the Difference Between AR and VR? Luettavissa: <https://sopa.tulane.edu/blog/whats-difference-between-ar-and-vr#:~:text=AR%20uses%20a%20real%2Dworld,only%20enhances%20a%20fictional%20reality>. Luettu: 12.5.2023.

Valli, R. & Aarnos, E. 2018. Ikkunoita tutkimusmetodeihin. 1, Metodien valinta ja aineistonkeruu: viirikkeitä aloittelevalle tutkijalle. 5. uudistettu painos. PS-kustannus. Jyväskylä. <https://www.finna.fi/Record/3amk.284380>. Luettu: 15.3. 2023.

Vallino, J. & Brown, C. 1998. Interactive Augmented Reality. Luettavissa: <https://www.se.rit.edu/~jrv/publications/VallinoThesis.pdf>. Luettu: 28.11.2022.

Van Krevelen, D. & Poelman, R. 2010. A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations. International Journal of Virtual Reality, 9(2), 1–20. Luettu: 26.11.2022.

Varjo s.a. Varjo XR-3. Luettavissa: <https://b2b-store.varjo.com/product/varjo-xr-3>. Luettu: 15.5.2023.

Vilkka, H. 2021. Tutki ja kehitä. PS-kustannus. Jyväskylä. E-kirja. Luettu: 13.2.2023.

Von Musser, C. 2021. Smartphones Are on Their Way Out, and Augmented Reality is Coming to Replace Them. Luettavissa: <https://www.yahoo.com/lifestyle/smartphones-way-augmented-reality-coming-181238666.html?guccounter=1>. Luettu: 13.12.2022.

Vynz Research 2021. Market Research Company Focuses On Providing Valuable Insights On Various Industries.” Luettavissa: <https://www.vynzresearch.com/ict-media/augmented-reality-and-virtual-reality-market>. Luettu: 28.11.2022.

Woods, R. 2021 What are augmented reality (AR) glasses? Luettavissa: <https://www.alaboutvision.com/resources/eye-news-trends/augmented-reality-ar-glasses/>. Luettu: 11.5.2023.

Williams, D. 1998. What is an MTF? ... and why you should care?\*. Luettavissa: [http://www.image-scienceassociates.com/mm5/pubs/What\\_is\\_an\\_MTF\\_and\\_Why\\_You\\_Should\\_Care.pdf](http://www.image-scienceassociates.com/mm5/pubs/What_is_an_MTF_and_Why_You_Should_Care.pdf). Luettu: 27.11.2022.

Xiong, J., Hsiang, J., He, Z., Zhan, T. & Wu, S. 2021. Augmented reality and virtual reality displays: emerging technologies and future perspectives. Luettavissa: <https://www.nature.com/articles/s41377-021-00658-8>. Luettu: 27.11.2022.

Yao, X. 2009. Georeferencing Geocoding. Luettavissa: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/spatial-resolution#:~:text=Spatial%20resolution%20is%20a%20measure,ground%20represented%20by%20each%20pixel>. Luettu: 27.11.2022.

Zhan, T., Yin, K., Xiong, J., He, Z. & Wu, S. 2020. Augmented Reality and Virtual Reality Displays: Perspectives and Challenges. Luettavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S258900422030585X>. Luettu: 23.11.2022.

Zhou, Y., Zhang J. & Fang, F. 2021. Vergence-accommodation conflict in optical see-through display: review and prospect. Luettavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666950121001061>. Luettu: 27.11.2022.