TURUN YLIOPISTO

VR, AR ja XR Suomessa: virtuaalitodellisuuden (VR), lisätyn todellisuuden (AR) ja laajennetun todellisuuden (XR) yritykset, kysyntä ja tarjonta Suomessa

VR, AR and XR enterprises and related demand and supply in Finland

Prof. Jussi S. Jauhiainen
jusaja@utu.fi
BIIDEA-hanke[1], Turun yliopiston maantieteen osasto

Sisältö

Tiivistelmä 1

Abstract 2

1. Johdanto 3

2. Virtuaalitodellisuus (VR), lisätty todellisuus (AR) ja laajennettu todellisuus (XR) sekä niiden yhteydet innovaatioprosesseihin 5

3. Tarjonta Suomessa: VR-, AR- ja XR-yritykset 10

4. Kysyntä Suomessa: VR, AR ja XR yritysten toiminnassa 18

5. Johtopäätökset 25

Kirjallisuus 26

Avainsanat: virtuaalitodellisuus, lisätty todellisuus, laajennettu todellisuus, innovaatio, yritykset, Suomi

Keywords: VR, AR, XR, innovation, enterprises, Finland

Tammikuu 2021 / January 2021

[1] BIIDEA (Blended Interactive Innovation Distance Ecosystem Architectures) tarkastelee innovaatioprosesseja yhdistetyn todellisuuden tiloissa. Fokuksessa on, miten innovaatiot syntyvät ja kehittyvät virtuaalisessa (VR), lisätyssä (AR) ja tehostetussa todellisuudessa (MR) sekä näiden yhdistelmissä laajennetun todellisuuden (XR) hybriditiloissa, joissa fyysinen ympäristö, ihmiset ja tehostettu todellisuus kohtaavat ja sekoittuvat toisiinsa tuottaen jotain uutta ja hyödyllistä innovaatioprosesseihin. Hanketta rahoittavat Business Finland ja Turun yliopiston maantieteen osasto. Raportin näkökulmat ovat kirjoittajan. Katso: https://sites.utu.fi/biidea/en/

Tiivistelmä: VR, AR ja XR Suomessa: virtuaalitodellisuuden (VR), lisätyn todellisuuden (AR) ja laajennetun todellisuuden (XR) yritykset, kysyntä ja tarjonta Suomessa

Raportissa tarkastellaan virtuaalitodellisuuden (VR), lisätyn todellisuuden (AR) ja laajennetun todellisuuden (XR) yrityksiä Suomessa vuoden 2021 alussa sekä VR:n, AR:n ja XR:n kysyntää ja tarjontaa Suomessa. Raportissa kiinnitetään huomiota myös siihen, soveltavatko yritykset ja millä tavoin näitä todellisuuksia innovaatiotoiminnassaan. Virtuaalinen todellisuus (VR) tarkoittaa simuloidun maailman kokemista VR-laseilla ja muilla digitaaliteknologian laitteilla. Lisätty todellisuus (AR) tarkoittaa todellisen fyysisen ympäristön täydentämistä digitaalisilla 3D-hahmoilla ja elementeillä. Laajennetussa todellisuudessa (XR) fyysinen, täydennetty ja virtuaalinen todellisuus ja ihmiset sekoittuvat vuorovaikutuksellisesti teknologisten välineiden tukemana.

VR:n, AR:n ja XR:n tarjontaa koskien tutkittiin tietokantojen avulla 140 suomalaista yritystä, jotka kehittivät VR-, AR- ja/tai XR-tuotteita ja/tai palveluja. Näistä 58 yrityksen tärkeimpinä toimintoina olivat VR, AR ja/tai XR. Lisäksi haastateltiin 26 alan erikokoista yritystä sekä 7 aihepiiriin liittyvää järjestöä. VR:n, AR:n ja XR:n kysyntää koskien haastateltiin 51 eri toimialojen suomalaista yritystä. Aineisto analysoitiin laadullisesti ja määrällisesti sisällönanalyysillä.

Jo tuhannet yritykset Suomessa käyttävät VR- ja AR-teknologioita ja sovelluksia toiminnassaan. Haastatellut yritykset käyttivät niitä esimerkiksi muuntamalla materiaaliset tuotteet digitaaliseen muotoon, jolloin niitä hyödynnettiin ajasta ja paikasta riippumatta. Esimerkkeinä olivat kehitteillä olevien tuotteiden suunnittelu, valmiisiin tuotteisiin liittyvien toimintojen harjoittelu ja niihin liittyvä koulutus sekä tuotteiden esittely ja markkinointi. Sen sijaan XR oli käytössä vain harvoissa yrityksissä. Sopivaa käyttötarkoitusta ei ollut löytynyt tai teknologian ei katsottu olevan vielä riittävän kehittynyttä.

Suomessa oli 38 VR-, AR ja XR-teemoihin liittyvää yritystä, joiden liikevaihto vuonna 2019 oli yli miljoona euroa, ja näistä 12 yrityksen päätoimintoina olivat VR, AR ja/tai XR. Yhteensä 70 yrityksen liikevaihto oli yli 100 000 euroa. Helsinki on monien tämän alan yritysten keskittymä. Vuonna 2021 haastatelluista 27 yrityksestä 39% mainitsi päämarkkinansa olevan Suomessa, 19% Suomessa ja ulkomailla ja 42% ulkomailla. Enemmistössä yrityksistä (58%) oli alle 10 työntekijää, joiden päätehtävänä oli VR:n, AR:n tai XR:n kehittäminen. Yrityksistä kolme neljästä (73%) oli saanut aikaan VR-, AR- tai XR-tuotteen tai palvelun jo vähintään viisi vuotta sitten. Koronapandemia oli vuonna 2020 vaikuttanut alan yritysten toimintaan niin, että 42% yrityksistä arvioi sen nostaneen alan tuotteiden tai palveluiden kysyntää, 27% laskeneen sitä ja 23% joko laskeneen tai nostaneen riippuen tuotteesta tai palvelusta.

VR, AR ja/tai XR eivät juurikaan olleet yrityksissä käytössä innovaatioiden synnyttämiseksi. Osa yrityksistä hyödynsi niitä innovaatioprosessien loppuvaiheessa, kun jo ideoitua tuotetta tai palvelua työstettiin eteenpäin. Koronapandemian tuomat liikkumis- ja kokoontumisrajoitukset ja etätyö ovat lisänneet yrityksissä tarvetta tehostaa etänä tapahtuvaa innovaatiotoimintaa, ja VR, AR tai XR tarjoavat tähän mahdollisuuksia. Monet yritykset ovat kiinnostuneita soveltamaan VR:n, AR:n ja XR:n käyttöä innovaatiotoiminnassa.

Vain harvat suomalaiset VR:ää, AR:ää ja/tai XR:ää kehittävät yritykset ovat kartoittaneet perusteellisesti VR:n, AR:n tai XR:n tuotteita tai palveluja innovaatiotoiminnassa hyödynnettäväksi. Innovaatioprosesseja tukeva näiden teknologioiden ja sovellusten tarjonta on niukkaa Suomessa. VR:n, AR:n ja XR:n kysynnän ja tarjonnan parempi kohtaaminen toisi liiketoimintamahdollisuuksia suomalaisille yrityksille, jotka kehittävät alan teknologiaa ja sovelluksia. Varsinkin globaalit markkinat tarjoavat kasvun mahdollisuuksia. Uudet innovaatioprosesseiden tukemiseen suunnitellut VR-, AR- ja XR-sovellukset veisivät eteenpäin näitä hyödyntäviä suomalaisia yrityksiä.

Abstract: VR, AR and XR enterprises and related demand and supply in Finland

The report examines virtual reality (VR), augmented reality (AR) and extended reality (XR) as regards enterprises in Finland at the beginning of 2021, as well as their demand and supply regarding VR, AR and XR in Finland. The report also pays attention to whether and how enterprises apply these realities in their innovation activities. In the report, virtual reality (VR) means experiencing a simulated world with VR glasses and other digital technology devices. Augmented reality (AR) means complementing the actual physical environment with digital 3D characters and elements. In extended reality (XR) physical, augmented and virtual elements of reality and people interact and this immersion is supported by technological devices.

The findings of the report are based on the analysis of enterprises databases and interviews conducted in December 2020 – January 2021. Regarding the supply of VR, AR and XR, from databases were identified 140 Finnish enterprises that were substantially involved in providing VR, AR and / or XR products and / or services. Of these, 58 enterprises had VR, AR and / or XR as their main economic activity. Furthermore, 26 enterprises supplying VR, AR and / or XR for individual customers, private and / or public sector were interviewed. In addition, 7 broader organizations were interviewed. As regards the current use and demand for VR, AR and XR in Finland, in total 51 Finnish enterprises of different sizes covering various economic sectors were interviewed. All data were analyzed quantitative and qualitatively with content analysis.

VR and AR are used in Finland by thousands of enterprises of various sizes in many fields. The interviewed enterprises used them, for example, to provide services such as the presentation and marketing of end products. Tangible products were converted into digital form, so that they can be used regardless of time and place (e.g., in the design of products under development or training regarding end products). In contrast, XR was used in only a few companies because a suitable use had not yet been found or that the enterprise perceived that technology is not sufficiently advanced yet.

In 2019, there were 70 VR-, AR- and/or XR-related enterprises (of which 24 specialized in these) in Finland with a turnover of more than EUR 100,000 and 38 of them (of which 12 specialized) had a turnover of more than EUR 1 million. The capital Helsinki is the site for many such enterprises. In 2021, as regard the 27 interviewed enterprises specialized in VR, AR and / or XR in Finland, for 39% their main market area was Finland, 19% in Finland and abroad and 42% abroad. The majority (58%) had less than 10 people with a task to develop VR, AR and / or XR technologies. Of these enterprises, three out of four (73%) completed the first VR, AR and / or XR product or service at least five years ago. The enterprises had different opinions on the impact of the COVID-19 pandemic on the demand for VR, AR and / or XR in Finland during 2020. Of them, 42% thought that the demand rose, 27% that it declined, 23% that it both increased and declined and 8% did not know how to answer.

Already thousands of Finnish enterprises use VR and AR in their operations (the use of XR is scarce), although they make little use of them in innovation processes. Some enterprises used these technologies and applications when an already conceived product or service was worked on but not to generate innovations. The restrictions on movement and assembly and the growth of distance working brought about by the COVID-19 pandemic increased the need to support innovation processes at distance, and many enterprises are interested in using VR, AR and XR more effectively to support their innovation activities.

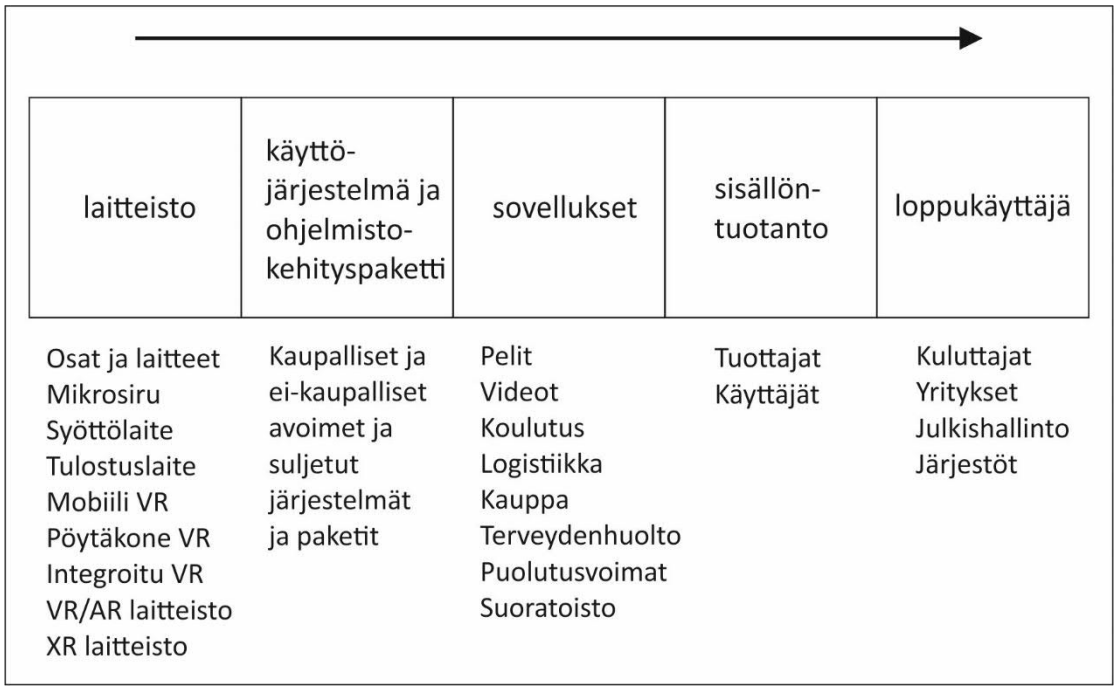
Only a few Finnish enterprises, whose main task is to develop VR, AR and / or XR, have looked more deeply what potential VR, AR and / or XR have for developing innovations in enterprises or other organizations, including their own enterprise. They rarely proactively develop products or services for utilizing VR, AR and / or XR in innovation activities. The enhanced use of VR, AR and XR, including in innovation processes, would support the development of Finnish enterprises. A better match between the potential demand and possible supply of VR, AR and / or XR would bring business opportunities for Finnish enterprises that develop VR, AR and XR. Significant growth opportunities exist in global markets.

1. Johdanto

Virtuaalitodellisuus (virtual reality, VR), lisätty todellisuus (augmented reality, AR) ja laajennettu todellisuus (extended reality, XR) ovat 2000-luvulla tulleet entistä enemmän osaksi ihmisten arkipäivää, yritysten toimintaa ja julkista hallintoa. Samalla näihin liittyvien teknologioiden kehittäminen, tuotteet ja palvelut ovat nousseet taloudellisesti hyvin merkittäviksi. Globaalien VR- ja AR-markkinoiden suuruudeksi arvioitiin vuonna 2019 yli 10 miljardia dollaria. VR-, AR- ja XR-teknologioiden laajempi kaupallinen ja sisällöllinen läpimurto tapahtuu 2020-luvulla. On esitetty, että näiden teknologioiden markkinat voisivat viisinkertaistua tai jopa kahdeksankertaistua vuoteen 2027 mennessä (Global Industry Analysts 2020; Grand View Research 2020). Markkinoiden nopea kasvu voi tapahtua jo vuoteen 2024 mennessä, koska koronaviruksen pandemiaan liittyvät liikkumis- ja kokoontumisrajoitukset ovat oleellisesti vauhdittaneet virtuaalisten etätyösovellusten ja etätapahtumien käyttöönottoa (Statista 2021a). Samalla monikertaistuu nopeasti myös VR- ja AR-teknologioihin liittyvien välineiden myynti. On esitetty, että VR/AR-lasien myynti viisinkertaistuisi vuoden 2020 noin 5 miljoonasta laitteesta noin 26 miljoonaan laitteeseen vuonna 2023 (Statista 2021b). Lähitulevaisuudessa 2030-luvulla kehittyvät 6G verkot luovat mahdollisuuden XR-sovelluksille, jotka arkipäiväistyvät jopa miljardien ihmisten elämässä (Latva-aho & Leppänen 2019). Todellisuuden digitaaliseen muokkaamiseen liittyvien yritysten liikevaihdon arvellaan kasvavan miljardeilla euroilla 2020-luvulla. Alaa teknologiaa ja tuotteita kehittävät siihen erikoituneet yritykset, kuten Oculus VR (jonka omistaa Facebook) ja HTC sekä monet muut maailman suurimmat teknologiayhtiöt, kuten Microsoft, Alphabet/Google, Samsung, Unity Technologies, Sony ja edellä jo mainittu Facebook.

Myös Suomessa on kymmeniä yrityksiä, jotka kehittävät alan teknologiaa ja kymmeniä yrityksiä, jotka tarjoavat näihin liittyviä tuotteita ja palveluja. Alan kehitystä Suomessa vauhditti 2010-luvulla Mixed Reality -ohjelma, jonka toteutettiin vuosina 2017–2019. Ohjelma toteutettiin yhteistyössä Business Finlandin (Tekes), Finnish Virtual Realityn (FiVR), VR Finlandin, Neogamesin ja alan yritysten kanssa. Ohjelma tarjosi innovaatiorahoitusta ja kansainvälistymispalveluja suomalaisille yrityksille, jotka kehittivät virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden ratkaisuja ja hyödynsivät niitä liiketoiminnassaan. Lisäksi verkotettiin alan yrityksiä, tutkimusorganisaatioita ja muita julkisia toimijoita. Ohjelman tavoitteena oli, että Suomeen syntyy maailman johtavia VR/AR-teknologiaa ja sisältöjä tuottavia yrityksiä ja että suomalaiset yritykset ovat globaaleja edelläkävijöitä VR/AR-teknologian kehittämisessä ja hyödyntämisessä. Pelien ja viihteen lisäksi mukana olivat esimerkiksi terveydenhoito ja kaikki tärkeimmät teollisuuden alat. Tavoitteena oli myös, että suomalainen VR/AR-ekosysteemi linkittyy kiinteästi maailman muihin vastaaviin merkittäviin ekosysteemeihin (Business Finland 2020). Ohjelmaan liittyen tehtiin kysely, johon vastasi 60 alaan liittyvää yritystä Suomessa (FiVR 2017). Vuoden 2021 alussa Suomessa on kenties jo tuhansia yrityksiä, jotka hyödyntävät jossain määrin VR-, AR- ja/tai XR-teknologioita, tuotteita ja/tai palveluja liiketoiminnassaan. VR, AR ja/tai XR tulevat muodossa tai toisessa osaksi hyvin monen suomalaisen yrityksen toimintaa 2020-luvulla.

VR-, AR- ja XR-teknologioiden ja sovellusten arvoketju on pitkä ja se ulottuu osien ja laitteiden tuotannosta käyttöjärjestelmiin ja kaupallisiin ja ei-kaupallisiin ohjelmistokehityspaketteihin (Kuva 1). Nykyään entistä suurempaa osaa laitteistosta on mahdollisuus käyttää myös mobiilisti langattoman tiedonsiirtonopeuden kasvaessa ja laitteiden yhteyksien yleistyessä tehokkaisiin pilvipalveluihin ja pilvilaskentaan. Laitteista, järjestelmistä ja ohjelmistoista arvoketju jatkuu sovelluksiin eri toimialoille ja sisällöntuotantoon kunnes valmis tuote tai palvelu päätyy loppukäyttäjille (Business Finland 2021). Loppukäyttäjiä ovat tavalliset kuluttajat yksilöinä ja eriliset organisaatiot kuten yritykset, julkishallinto ja järjestöt sekä globaalisti että tarkemmilla kohdealueilla kuten Suomessa tai määritellyissä kohderyhmissä.



Kuva 1. VR-, AR- ja XR-teknologioiden arvoketju. Muokattu lähteestä Business Finland (2021).

Globaaleista sovellusten ja sisällöntuotannon VR-, AR- ja XR-markkinoista vuonna 2019 noin puolet liittyi peli- ja viihdeteollisuuteen, mukaan lukien laaja skaala uhkapelejä ja muita vedonlyöntiin liittyviä pelejä. Markkinoista kolmasosa liittyi muihin kuluttajille tarkoitettuihin sovelluksiin, ja loput muutaman prosentin osuudet yrityksille, puolustusteollisuuteen, terveydenhuoltoon ja muihin tarkoituksiin (Grand View Research 2020). Viihde on ja tulee olemaan kauan ylivoimaisesti suurin VR-, AR- ja XR-teknologioiden arvoa tuottava ala. Suhteellisesti viihdettä nopeammin kasvaa yritysten käyttöön kehitettyjen VR-, AR- ja XR-tuotteiden ja palvelujen kysyntä ja tarjonta, mutta absoluuttinen kasvu jatkuu suurimpana vielä pitkään viihdekäytössä. VR-, AR- ja XR-käyttäjien määrän merkittävä ja nopea kasvu on lisännyt huolta siitä, miten erilaiset (mobiilit) VR- ja AR-sovellukset mahdollistavat aiempaa laajemman ja tarkemman datan keruun käyttäjistä ja heidän ympäristöstään (Freedman 2020). Esineiden internetin (IoT), tekoälyn (AI) ja pilvilaskennan (CC) yleistymisen myötä voi VR-, AR- ja XR-teknologioista ja sovelluksista tulla globaalisti yhtä yleisiä kuin älypuhelimista. Jo vuosikymmenen ajan on puhuttu, miten nämä todellisuutta lisäävät ja muokkaavat teknologiat ovat saavuttamassa globaalin läpimurron. Teknologian kehittyminen ei kuitenkaan ole edennyt aivan tätä vauhtia. Merkittävän vaikutuksen sai kuitenkin aikaan koronapandemia, jolloin globaali kysyntä lisääntyi hyvin nopeasti, ja samalla tarjonta alkoi vastata tähän kysyntään.

Tässä raportissa tarkastellaan virtuaalitodellisuuden, lisätyn todellisuuden ja laajennetun todellisuuden yrityksiä Suomessa vuoden 2021 alussa sekä VR:n, AR:n ja XR:n kysyntää ja tarjontaa Suomessa. Suomessa on aihepiirin kysyntää ja tarjontaa, mutta ne eivät aina kohtaa. Toisaalta yritykset eivät aina osaa kysyä oikeaa tuotetta tai palvelua. Toisaalta teknologioiden kehittäjät eivät aina ulota tuotteitaan tai palveluja niihin nouseviin mahdollisuuksiin, joihin VR, AR ja XR toisivat uutta lisäarvoa.

Raportissa keskustellaan lyhyesti näiden todellisuuksien välisistä eroista ja yhtäläisyyksistä ja osoitetaan millä tavoin ne ovat tällä hetkellä ja tulevaisuudessa tulossa entistä kiinteämmäksi osaksi innovaatioprosesseja. Kiinnitetään huomiota myös siihen, soveltavatko suomalaiset yritykset näitä todellisuuksia ja millä tavoin innovaatiotoiminnassaan.

Raportissa vastataan seuraaviin kysymyksiin:

- mitä ovat virtuaalinen, lisätty ja laajennettu todellisuus?
- minkälaiset suomalaiset yritykset kehittävät virtuaalisen, lisätyn ja laajennetun todellisuuden teknologioita, tuotteita ja palveluja?
- miten ja mihin tarkoitukseen suomalaiset yritykset käyttävät virtuaalsita, lisättyä ja laajennettua todellisuutta?
- mikä on suomalaisten yritysten näkökulma VR:n, AR:n ja XR:n käyttöön oman yrityksen innovaatiotoiminnassa?

Raportin kohteena ovat suomalaiset yritykset, joiden liiketoiminnassa VR:n, AR:n ja/tai XR:n kehittäminen ja/tai tuotteet ja/tai palvelut ovat merkittäviä. Osassa yrityksissä nämä muodostavat päätoiminnan, osassa ne tuovat merkittäviä liiketoiminnallisia sivuvirtoja yritykselle. Perustiedot yrityksistä (kuten liikevaihto, tulos, henkilöstö, toiminta ja sijainti) on saatu vapaasti saatavilla olevista uusimmista yritystietokannoista. Tämän lisäksi tehtiin haastatteluja. Haastattelut toteuttivat BIIDEA-hankkeessa harjoittelijoina toimineet Katriina Eskola, Eveliina Kuurne ja Joona Silvola, jotka avustivat myös aineiston analyysissä.

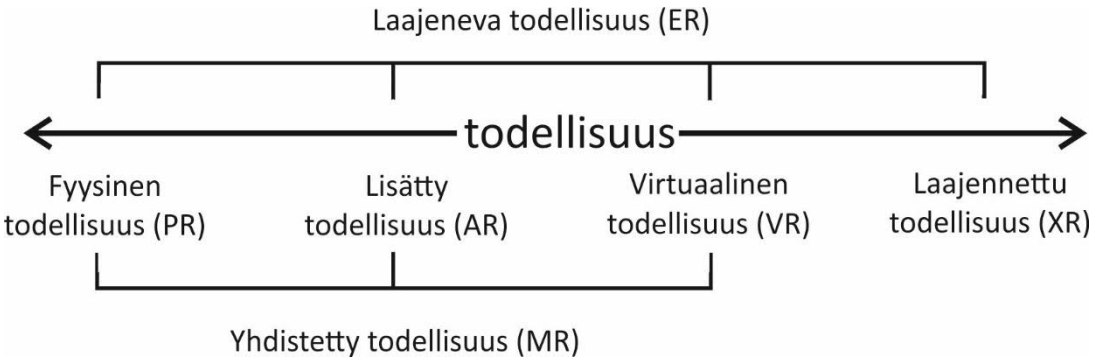
Tutkimuskohteena olivat suomalaiset yritykset, joiden toiminnassa VR, AR ja/tai XR olivat tärkeässä asemassa. Tunnistettiin 140 alan yritystä, joita koskevat perustiedot saatiin yritystietokannoista. Näistä 58 yrityksen päätoimintoina olivat VR, AR ja/tai XR. Lisäksi joulukuussa 2020 – tammikuussa 2021 haastateltiin 27 eri kokoista yritystä, joiden tehtävänä oli VR:n, AR:n ja/tai XR:n kehittäminen. Haastattelut koskivat yrityksen kehitystoimintaa, koronapandemian rajoitusten vaikutuksia VR:n, AR:n ja/tai XR:n kysyntään ja VR:n, AR:n ja/tai XR:n käyttöä innovaatiotoiminnassa. Haastatteluista 22 tehtiin puhelimitse ja 5 yritystä vastasi samoihin kysymyksiin sähköpostitse.

VR:n, AR:n ja XR:n kysyntään liittyen haastateltiin joulukuussa 2020 puhelimitse 51 erikokoista yritystä eri toimialoilta koskien näiden yritysten (mahdollista) VR:n, AR:n ja/tai XR:n käyttöä liiketoiminnassaan sekä yritysten näkemyksiä VR:n, AR:n ja/tai XR:n käyttömahdollisuuksista innovaatiotoiminnassa. Samalla kysyttiin koronapandemiaan liittyvien rajoitusten vaikutuksia yritysten innovaatiotoimintaan. Lisäksi tehtiin seitsemän haastattelua alan kattojärjestöille koskien koronapandemian vaikutuksia alan yrityskenttään ja innovointiin sekä millä tavoin VR, AR tai XR voisivat tukea yritysten kehittämistä.

Raportti laadittiin vuoden 2021 alussa, jolloin VR:n, AR:n ja/tai XR:n merkitys ja käyttö olivat kasvamassa suomalaisten yritysten toiminnassa. Osa yrityksistä ei ollut vielä tunnistanut mahdollisuuksia hyödyntää näitä. Alan kattojärjestöt olivat havainneet niin hyötyjä kuin haittoja koronapandemian seurauksena alan innovaatiotoiminnassa, ja olivat tunnistaneet joitakin mahdollisuuksia esimerkiksi VR:n, AR:n ja/tai XR:n hyödyntämiseksi. Vain harvat yritykset hyödynsivät tehokkaasti VR:n, AR:n ja XR:n tuomia mahdollisuuksia, varsinkin innovaatiotoiminnassa ja innovaatioiden synnyttämiseksi. Samaan aikaan Suomeen oli kasvanut globaalistikin merkittäviä VR:n, AR:n ja/tai XR:n kehittämiseen keskittyneitä yrityksiä. Näiden jo globaalisti tunnettujen yritysten liikevaihto oli yleensä vielä varsin pieni, korkeintaan muutamia miljoonia euroja vuodessa. Hyvin merkittävä osa alan yrityksistä oli pieniä eli niiden vuosittainen liikevaihto oli 100 000 euron molemmin puolin. Pääkaupunkiseutu ja varsinkin Helsinki oli alan yritysten suuri keskittymä. Kehittämispotentiaalia alan yrityksissä oli ja mahdollisuuksia siihen, että VR:n, AR:n ja/tai XR:n kysyntä ja tarjonta kohtaisivat paremmin Suomessa.

2. Virtuaalitodellisuus (VR), lisätty todellisuus (AR) ja laajennettu todellisuus (XR) ja niiden yhteydet innovaatiotoimintaan

Teknologian kehittyminen ja laajempi digitalisoituminen ovat tuoneet mahdollisuuden yhdistää digitaalisia elementtejä fyysiseen materiaaliseen todellisuuteen ja luoda myös pelkästään digitaalisista elementeistä koostuva todellisuus. Kuva 1 esittää fyysisen ja digitaalisten todellisuuksien eri ulottuvuudet ja yhtymäkohdat toisiinsa. Samalla todellisuuksien ulottuvuudet alkavat kytkeytyä entistä enemmän myös innovaatioiden syntyyn ja kehittämiseen. Termien tarkemman määrittelyn tekee haasteelliseksi se, että näiden teknologioiden kehittäjät ja kaupalliset hyödyntäjät käyttävät usein hieman eri tavoin näitä termejä (Çöltekin et al. 2020). Todellisuuksien ”rajat” eli erot niiden välillä ovat liukuvia eli kyse on jatkumosta fyysisen materiaalisen todellisuuden ja kuvitellun todellisuuden välillä. Ihmisen mielikuvitus ei ole koskaan rajoittunut vain fyysiseen ympäristöön, mutta teknologian kehittyminen kytkee materiaalisen todellisuuden ja digitaalisesti tuotetun todellisuuden entistä tiiviimmin yhteen sekoittuneeksi ympäristöksi. Ihmisten kokemusmaailmassa ei ole enää ”pelkkää” fyysistä materiaalista ympäristöä ilman siihen kytkeytyvää digitaalista ulottuvuutta.



Kuva 1. Todellisuuden ulottuvuuksien malli.

Todellisuus laajenee jatkuvasti erilaisten teknologisten sovellusten myöstä. Tätä voidaan nimittää laajenevaksi todellisuudeksi (expanding reality, ER) (Kuva 1). Se mitä oli teknologisesti mahdollista kokea todellisuutena 1990-luvulla, oli paljon suppeampaa kuin se mitä koetaan nyt 2020-luvulla. Mitä ilmeisimmin tilanne muuttuu 2050-luvulle tultaessa, jolloin ajat, paikat, fyysinen, virtuaalinen ja ilmeisesti myös ihminen ja kone ovat paljon nykyistä monimuotoisemmin yhteydessä toisiinsa. Laajin mahdollinen todellisuus ei sisällä pelkästään yhteismitallista maailmaa ja kokemusta. Se laajenee välittömästä kokemuksesta todellisuuteen, johon kietoutuvat niin yksilön kuin yhteisön ja yhteiskunnan kuvitelmat ja toiveet. Myös erilaisten kaupallisten toimijoiden tavoitteet ovat läsnä todellisuuksien muokkaamisessa. Näistä kaupallisista toimijoista keskeisimmät jo nykyäänkin sekä analysoivat että suuntaavat VR-, AR- ja XR-maailmoihin kytkeytyviä ihmisiä ja heidän kokemuksiaan ja käyttäytymistään. Tekoälyn algoritmien avulla pystytään ennustamaan ihmisten käyttäytymistä ja tarvittaessa ohjaamaan ihmisten käyttäytymistä ennusteen suuntaan. Ennustetta ei tarvitse korjata, koska todellisuutta voidaan muokata ennusteen mukaiseksi.

Oleellisia piirteitä tässä laajenevassa todellisuudessa on materiaalisen ja digitaalisen ympäristön kietoutuminen yhteen. Tietokonegrafiikan avulla on jo kauan ollut mahdollista luoda kolmiulotteinen digitaalinen ympäristö, jota henkilö käyttää erilaisten välineiden avulla. Teknologian kehittymisen myötä henkilö pystyy myös vaikuttamaan ympäristöönsä ja tiedonsiirtonopeuden kasvaessa laitteet toimivat viiveettä tukien henkilön, laitteiden ja koetun todellisuuden kietoutumista yhteen. Todentuntuisuutta lisäävät vaikuttaminen laitteita käyttävän henkilön aisteihin. Keskeisimpiä ovat näkö, kuulo ja tunto, mutta erityisin keinoin ja lisälaittein voidaan tuoda myös hajuja ja tarvittaessa myös makuja osaksi sekoittuneen ympäristön kokemuksia. Immersiivinen kokemus liittyy sekä fyysisiin että mentaalisiin tiloihin (Sherman & Craig 2018).

VR (virtual reality) tarkoittaa virtuaalitodellisuutta, jossa simuloitu maailma koetaan digitaaliteknologian laitteiden avulla, esimerkiksi VR-laseilla. Siinä ihmiset ”sukeltavat” kokonaan virtuaaliseen maailmaan. Ensimmäisiä ajatuksia virtuaalitodellisuudesta esitettiin jo 1900-luvun alkuvuosikymmeninä. Näitä sovelluksia ovat monet virtuaalipelit jo 1990-luvulta lähtien. Viime aikoina suosiotaan ovat lisänneet digitaaliset virtuaalialustat, joissa henkilö voi osallistua oman avatarinsa avulla seminaareihin ja kongresseihin ja erilaisiin tilaisuuksiin, vaikkapa konsertteihin. Suosittuja ovat myös VR-sovellukset oppimis- ja viihdetarkoituksissa. Niillä voidaan tutustua vaikkapa historiaan, maantietoon tai ihmisen anatomiaan tai vierailla virtuaalisesti eri paikoissa ympäri maailman (esimerkiksi Google Earth VR). Pitemmälle kehitetty VR-ympäristö kattaa kaikki viisi aistia, mutta yleensä sovellukset kattavat näkö-, kuulo- ja tuntoaistit.

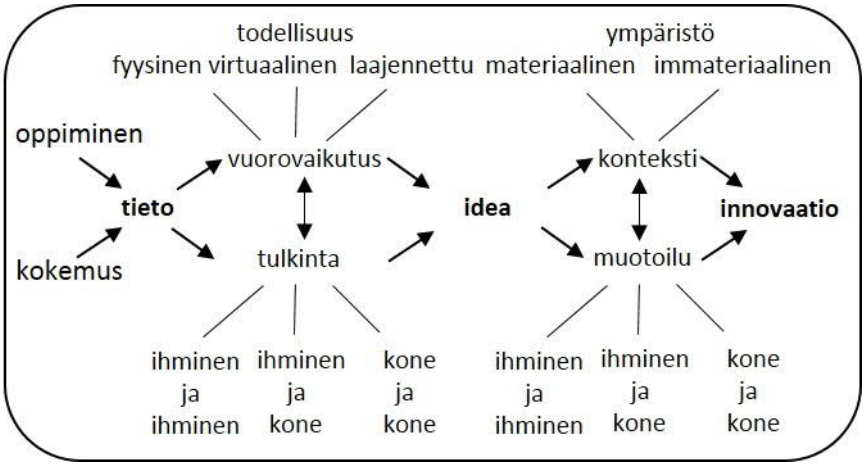
Selkeämmin fyysiseen maailmaan kytkeytyvä termi on AR (augmented reality), joka tarkoittaa lisättyä todellisuutta. Siinä todellista materiaalista fyysistä ympäristöä täydennetään digitaalisilla kolmiulotteisilla hahmoilla ja muilla elementeillä. Virtuaalisten digitaalisten elementtien ja fyysisen ympäristön välinen vuorovaikutus on kuitenkin vähäistä eli digitaaliset elementit ovat tavallaan fyysisen todellisuuden päälle asetettuja. Tyypillistä on, että lisättyä todellisuutta voi käyttää hyvin monilla laitteilla, kuten älypuhelimella. Esimerkkinä tästä on vuonna 2016 julkaistu maailmanlaajuisesti suosituksi tullut Pokémon Go mobiilipeli.

Käsitettä MR (mixed reality) eli tehostettu todellisuus käytetään kuvaamaan yhdistelmää virtuaalisesta todellisuudesta ja lisätystä todellisuudesta. Siinä olevat digitaaliset objektit voivat olla paremmin ja merkityksellisesti vuorovaikutuksessa fyysisen todellisuuden elementtien kanssa ja digitaalisten osien kytkeytyminen fyysiseen maailmaan vaikuttaa todenmukaisemmalta. Digitaalinen ja materiaalinen ympäristö sekoittuvat paremmin toisiinsa, mistä seuraa ”aidompi” kokemus tästä sekoitetusta ja täydennetystä todellisuudesta.

Laajennettu todellisuus XR (extended reality) tarkoittaa tilannetta, jossa fyysinen materiaalinen ympäristö, ihmiset kehoineen ja aisteineen ja tehostettu todellisuus kohtaavat, ovat vuorovaikutuksessa ja sekoittuvat entistä enemmän toisiinsa. Tällöin syntyy intensiivinen immersiivinen laajentuva kokemustila, joka ylittää fyysisen ja virtuaalisen todellisuuden. Tämä todellisuus käsittää siis toisiinsa kietoutuneita merkityksellisiä elementtejä fyysisestä todellisuudesta (physical reality) sekä lisätystä (augmented reality) ja virtuaalisesta (virtual reality) todellisuuksista. Henkilö ei pelkästään katso sitä, vaan tuntee olevansa tässä todellisuudessa (Çöltekin et al. 2020).

Todellisuuden digitaaliset ulottuvuudet kietoutuvat arkipäivässä entistä enemmän fyysiseen materiaaliseen maailmaan. Niinpä kokemukset, tarpeet ja niihin vastaaminen tapahtuvat myös tässä sekoitetussa tai laajennetussa todellisuudessa, joka siis laajenee jatkuvasti teknologian kehityksen myötä. Tämä merkitsee sitä, että innovaatioiden (uusi tuote, palvelu, organisaatio, tuloksekas tapa toimia jne.) synty ja kehittyminen kytkeytyvät näihin todellisuuden eri ulottuvuuksiin. Niinpä on keskeistä hyödyntää näitä todellisuuden eri ulottuvuuksia innovaatioprosesseissa.

Tarkasteltaessa innovaatioprosessia pelkistetysti niin siinä oppimiseen ja kokemukseen perustuva tieto muuttuu keskeisten toimijoiden vuorovaikutuksen ja aiemman tiedon tulkinnan kautta uudeksi ideaksi. Tämä idea viedään sopivaan kontekstiin ja muotoillaan tuotteeksi tai palveluksi, joka lyödessään läpi markkinoilla ja ihmisten käytössä muuttuu innovaatioksi (Jauhiainen 2021). Innovaatioprosessi oppimisesta ja kokemuksesta innovaatioon on esitetty pelkistettynä mallina kuvassa 2.



Kuva 2. Innovaatioprosessin malli. Suomennettu alkuperäislähteestä Jauhiainen (2021).

Uuden idean synnyttämiseen liittyvä vuorovaikutus voi tapahtua fyysisessä materiaalisessa maailmassa kokoontumalla samaan paikkaan ja keskustelemalla siellä tai olemalla yhteydessä vaikkapa puhelimen tai tietokoneen avulla eri paikoissa. On mahdollista toteuttaa tätä vuorovaikutusta virtuaalitodellisuudessa, jossa itseä ja muita edustavat avatarit, digitaaliset hahmot digitaalisesti luodussa ympäristössä. Koronapandemian tuomien rajoitusten myötä ovatkin lisääntyneet virtuaalialustoilla toteutetut tapahtumat, joissa informaation vaihto, uuden tiedon hankkiminen ja ideointi ovat keskeisessä asemassa (Jauhiainen 2020: Jauhiainen 2021).

Sen sijaan innovaatioprosessien kehittämistä laajennetussa todellisuudessa ei ole vielä merkittävästi toteutettu (El-Jarn & Southern 2020). On pohdittu innovaatioiden synnyn alkuvaiheita nykymaailmassa, jossa virtuaalisia sovelluksia hyödyntävät monet globaalit yritykset (Dziallas 2020). Kognitiivisen läheisyyden (ymmärtäminen) saaminen aikaan on merkittävää, ja se on myös mahdollista virtuaalisesti toisiinsa yhteydessä olevissa ryhmissä, jotka sijaitsevat fyysisesti kaukana toisistaan (Hung et al. 2020). Digitaaliset teknologiat auttavat tarvittavan informaation saamisessa ja sen jäsentämisessä myös avoimen innovaation prosesseissa (Urbinati et al. 2020). Tällöin virtuaalisten digitaalisten yhteyksien merkitys kasvaa entisestään ja voi jopa muuttaa vielä nykyään oleelliseksi pidettyä kasvokkain tapahtuvaa innovaatiotoimintaa.

Laajennetun todellisuuden kytkeminen innovaatioprosesseihin mahdollistaisi ylittää niitä rajoituksia, joita virtuaalimaailman digitaalisuuteen perustuva teennäisyys tai epätodellisuus (esimerkiksi epäaito kokemus omasta kehosta tai lähiympäristöstä) tuovat sekä fyysisen maailman rajoituksia, joita ovat esimerkiksi oman kehon aidot fyysiset ominaisuudet ja materiaalisen fyysisen maailman ympäristön piirteet. Innovaatiotoiminta laajennetussa todellisuudessa voisi siis vapauttaa yksilön ja ryhmien luovuuden monista ennakkoasetelmista ja rajoituksista, jotka perustuvat arkikokemuksiin omassa kehossa ja ennakkoluuloihin

fyysisessä maailmassa. Laajennetussa ja laajenevassa todellisuudessa uudet näkökulmat ja mahdollisuudet nousevat esille, ja nämä johtavat uusiin ideoihin ja innovaatioihin. Niinpä 2020-luvun innovaatioprosesseissa keskeiseksi nousee niiden kytkeytyminen ja tietoinen kytkeminen lisättyyn, virtuaaliseen ja laajennettuun todellisuuteen. Tässä on huomioitava, että todellisuus laajenee erilaisten digitaalisten ja teknologisten sovellusten myötä. Ihmiset kietoutuvat entistä tiiviimmin tähän laajenevaan todellisuuteen. Niinpä innovaatioprosessien kehittäjien ja tutkijoiden tulee olla mukana tässä prosessissa.

3. Tarjonta Suomessa: VR-, AR- ja XR-yritykset

Suomessa on laaja joukko yrityksiä, joiden toiminnan keskiössä on virtuaalisen, lisätyn ja laajennetun todellisuuden kehittäminen. Näiden yrityksen tehtävänä on ensisijaisesti näiden digitaalisuuteen kytkeytyvien todellisuuksien teknologinen kehittäminen. On myös yrityksiä, joiden päätoiminta liittyy johonkin muuhun kuin näiden teknologioiden kehittämiseen, mutta niillä on kuitenkin joku itse kehitetty tai hankittu merkittävä VR-, AR- tai XR-teknologia tai -sovellus, jota ne myyvät tai jota koskevia palvelua ne tarjoavat. Nämä yritykset ovat myös tarkastelun kohteena tässä raportissa. Sen sijaan suomalaisia yrityksiä, jotka pelkästään soveltavat näitä teknologioita omassa toiminnassaan, ei ole tässä yhteydessä huomioitu varsinaisina VR-, AR ja XR-yrityksinä.

VR-, AR- ja/tai XR-teknologiaa, tuotteita ja palveluja kehittävien yritysten tiedot hankittiin kahdesta lähteestä. Ensinnäkin, yritysten perustiedot ovat peräisin internetissä saatavilla olevista ilmaisista yritystietokannoista (kuten finder.fi, Suomen Asiakastieto, Fonecta jne.). Näihin perustietoihin kuuluvat yrityksen perustamisvuosi, toimiala, liikevaihto ja sen kehitys, liiketoiminnan tulos ja sen kehitys, henkilöstön määrä ja sen kehitys sekä päätuotteet. Tämän kautta tunnistetiin Suomessa 140 yritystä, joiden toimintaan kuuluivat oleellisesti vuonna 2020 VR:n, AR:n ja/tai XR:n kehittäminen, tuotteet tai palvelut (ks. Liite 1). Näistä 58 (41%) yrityksen toiminnan keskeisenä sisältönä oli VR:n, AR:n ja/tai XR:n kehittäminen, tuotteet tai palvelut. Loput 82 (59%) käyttivät VR-, AR- ja/tai XR-tuotteita tai palveluja taloudellisten sivuvirtojen tuottamiseen yritykselleen. Vuonna 2017 toteutetussa selvityksessä tunnistettiin Suomessa 98 alan yritystä, joista 60 osallistui selvityksen tekijöiden laatimaan kyselyyn (FiVR 2017).

Edellä esitettyjen rekistereistä saatujen yritysten perustietojen lisäksi toteutettiin VR-, AR- ja/tai XR-teknologiaa, tuotteita ja palveluja kehittävien yritysten puhelinhaastattelut tammikuussa 2021. Haastateltaviksi valittiin 27 erikokoista yritystä, jotka kuvastavat hyvin Suomessa toimivia alan yrityksiä. Mukana oli sekä liiketulokseltaan voitollisia että tappiollisia yrityksiä. Yritykset toimivat VR-, AR- ja XR-toimintojen suhteen eri aloilla sekä teknologian kehittäjinä että niiden soveltajina. Haastatellut VR-, AR- ja/tai XR-yritykset kuvastavat hyvin alan tilannetta vuoden 2021 alussa.

Taulukossa 1 on esitetty Suomen suurimmat (yli miljoonan euron liikevaihdon) yritykset, joissa oleellisena tehtävänä on VR:n, AR:n ja/tai XR:n kehittäminen, tuotteet ja/tai palvelut. Näistä 38 yrityksestä 9 (24%) oli perustettu ennen vuotta 2000, 13 (34%) vuosina 2000–2009 ja 16 (40%) 2010-luvulla. Yrityksistä 5 oli suuria eli yli 50 miljoonan euron liikevaihdon yrityksiä. Keskisuuria yrityksiä oli 8 (21%) eli niiden liikevaihto oli 10–50 miljoonaa euroa. Loput 25 yritystä (66%) olivat pieniä yrityksiä. Yritysten kokoa tarkasteltaessa on huomioitava, että taulukon 1 tiedot koskevat pääyrityksiä, jotka toimivat Suomessa, eivätkä koko konsernin yritysten liikevaihtoa tai henkilöstöä.

Näiden 38 suurimman suomalaisen alan yrityksen mediaaniliikevaihto oli 3,0 miljoonaa vuonna 2019. Yrityksen kasvu vie aikaa, sillä 12 suurimman joukossa oli vain yksi 2010-luvulla perustettu yritys. Näistä yli miljoonan euron liikevaihdon yrityksistä 21 (55%) oli voitollisia ja 17 (45%) tappiollisia vuonna 2019. Suuremmista yrityksistä (yli 10 miljoonan euron liikevaihto) useammat (85%) tuottivat liikevoittoa verrattuna pienempiin yrityksiin (44%). Yli 50 työntekijää 13 yrityksessä (34%) oli ja näitä oli 15% 2010-luvulla perustetuista yrityksistä. Näistä 38 yrityksestä 12 yrityksen (32%) päätehtävänä oli VR-, AR- ja/tai XR-teknologiat ja sovellukset.

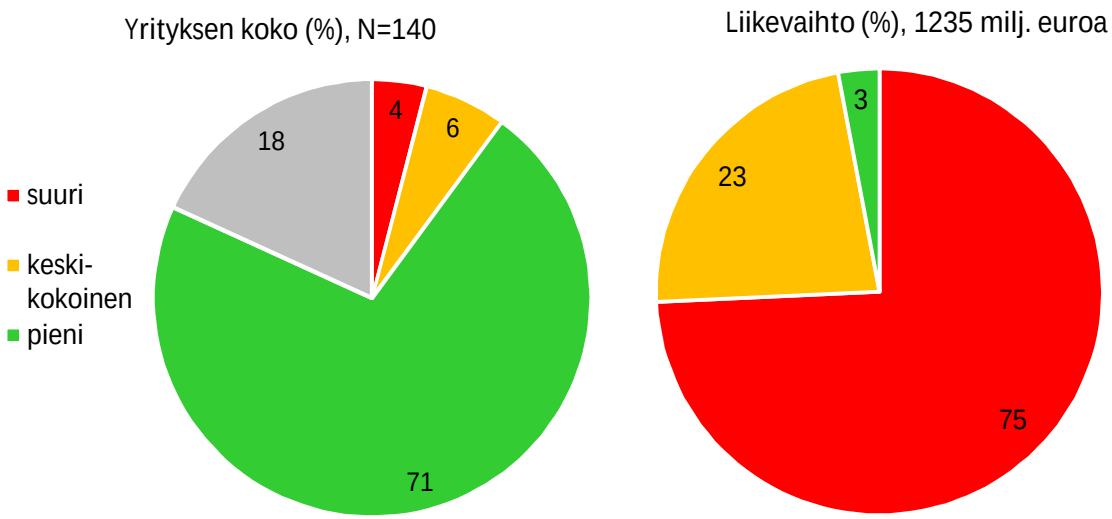
Taulukko 1. Suurimmat suomalaiset yritykset, jotka kehittävät tai myyvät VR-, AR- ja XR-teknologioita, tuotteita tai palveluita vuonna 2019.

yrityksen nimi	perustamisen vuosi	liikevaihto milj. euroa	tulos milj. euroa	henkilöstön lukumäärä	teknologia VR	AR	XR	keskeinen tuote tai palvelu
Ponsse	1992	531,523	50,329	941	x			Metsäkonesimulaattorit
TietoEVRY	1968	136,998	87,082	130	x		x	Yritysten applikaatiot
Sitowise	2010	123,645	- 1,089	1224	x		x	Virtuaalimallinnus
Siili Solutions	2005	72,832	0,897	488		x		Sovellusympäristöpalvelut
Insta Automation	1988	62,539	1,308	419	x	x	x	Ohjelmistokonsultaatio
Futurice	2000	40,873	-1,535	374	x	x		Web- ja mobiilikehitys
Vincit	2007	39,069	0,797	323	x	x		Konsultointi, tuotteet
HiQ	1987	37,975	7,107	227		x		AR-mobiilisovellukset
Elomatic	2004	34,228	4,109	128	x		x	Koulutusympäristöt
Wapice	2000	23.093	0.972	323	x	x		IoT TICKET
Optofidelity	2005	18.945	1.499	102	x	x		VR ja AR HMD testaus
Etteplan MORE	2012	16.600	0.938	173	x	x		Konsultaatio
Geotrim	2001	14.562	0.017	34	x	x		Trimblen maahantuonti
Visual Components	1987	8.049	2.120	49	x			3D visualisointi
Futuremark Oy	1997	7,637	1,685	35	x			VRMARK testaus
Basemark	2015	6.223	-0.085	28	x			Rocksolid Engine
Softability	1996	5,628	0,192	69	x		x	XR-sovellukset
Valo Motion	2016	4,008	0,752	-			x	Mixed Reality -urheilu
Wakeone	2018	3,292	-0,034	35	x	x	x	Selainpohjainen AR/VR
Upknowledge	1995	2,741	0,172	9	x			Koulutusympäristöt
Tietoa Finland Oy	2000	2.726	-0.081	30	x	x	x	Informaatiomalli
Sofokus	2019	2.607	0.198	34	x	x		Digitalisaation konsultointi
Varjo Technologies	2016	2,378	-22,629	126	x		x	VR/XR kehittäminen
Vivid Works	2006	2,235	-0,703	31	x			3D/VR -visualisointi
CSE Simulation	2012	2,130	0,064	13	x			Mixed Reality -urheilu
Innogiant	2011	2,090	0,190	19	x	x	x	VR/AR/XR -ratkaisut
Nanocomp	1997	1.936	-0.786	27		x		Optisen filmin ratkaisut
Dispelix	2015	1,843	-3,100	34		x		AR kodintekniikka
Umbra	2005	1,666	-0,263	-	x			Ultra-laaja 3D
Make Helsinki	2010	1,447	-0,013	15	x	x		AR/VR-ratkaisut
Flatlight	2013	1,327	-0,068	15	x			Kuvauspalvelut
Iceflake Studios	2007	1,289	0,308	17	x			VR-peli “Ice Lakes”
Stereoscape	2006	1,263	-0,131	10	x	x	x	Tuotteistetut palvelut
Fake (Glue)	2009	1,154	-0,171	29	x	x		Glue-alusta
Pikseli Arcade (Virva VR)	2016	1,130	-0,022	6	x			VR-huvipuistot
Zoan	2010	1,130	0,012	8	x	x		Räätälöidyt tuotteet
3D Talo Finland	2016	1,048	0,003	28	x	x		Tila- ja aluesuunnittelu
Superapp	2015	1,005	-0,005	17		x		Mobiilisovellukset

Lähde: Finder.fi, Asiakastieto.fi, Kauppalehti.fi yritysrekisterit ja internet. Taulukossa on esitetty lihavoituna yritysten nimet, joiden päätoimintana on VR-, AR- ja/tai XR.

Käytössä olevien suomalaisten ja eurooppalaisten tilastoluokitusten perustella, 140 tutkituista suomalaisista yrityksistä, joiden toiminnoissa VR, AR ja/tai XR oli merkittävässä asemassa, 5 (4%) oli suuria (liikevaihto yli 50 miljoonaa euroa), 8 (6%) oli keskikokoisia (liikevaihto 10–50 miljoonaa euroa tai yli 50 työntekijää) ja loput 123 (71–90%) olivat pieniä (alle 10 miljoonan euron liikevaihto ja alle 50 työntekijää). Noin 67–74% kaikista 140 yrityksistä oli mikroyrityksiä (liikevaihto korkeintaan 2 miljoonaa euroa ja alle 10 työntekijää). Kattavia tietoja ei ollut saatavilla 26 yrityksestä (19%), mutta useat niistä olivat pieniä ja uusia (Kuva 4). Kaikista tutkituista yrityksistä 59 (42%) oli yli 5 vuotta vanhoja eli perustettu vuonna 2015 tai aiemmin. Vuonna 2017

tehdyssä tutkimuksessa yli 5 vuotta vanhojen alan yritysten osuus oli suunnilleen sama (43%) (FiVR 2017). Tutkittujen 140 yrityksen yhteinen liikevaihto vuonna 2019 oli 1235,0 miljoonaa euroa. Kuten edellä todettiin, 26 yrityksen liikevaihdosta ei ollut tarkempaa tietoa, mutta monet niistä perustettiin vuonna 2019 tai 2020. Suurten yritysten yhteinen liikevaihto oli 927,5 miljoonaa euroa (75%), keskikokoisten yritysten 277,1 miljoonaa euroa (23%) ja pienten yritysten 30,4 miljoonaa euroa (3%) (Kuva 4). Hyvin merkittävä osa (lähes 99%) alan yritysten liikevaihdosta tulee yrityksiltä, joiden liikevaihto on vähintään miljoona euroa.

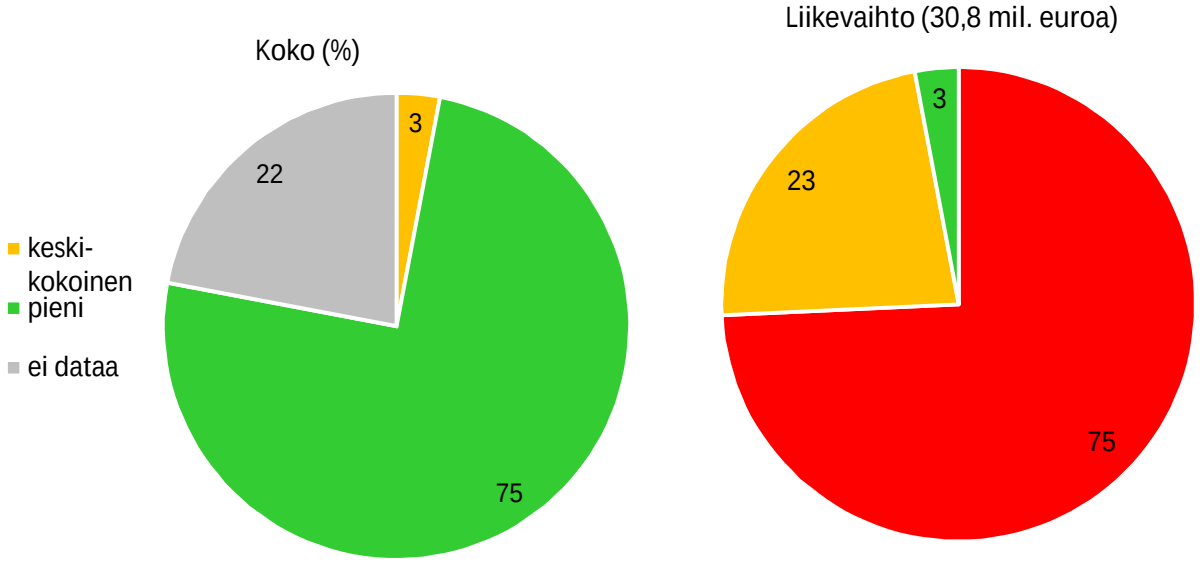


Kuva 4. VR -, AR- ja/tai XR-yritysten koko (vasemmalla) ja liikevaihto (oikealla) Suomessa vuonna 2019. Aineistona 140 yritystä, joiden liiketoiminnassa VR-, AR- ja/tai XR-tuotteiden tai palvelujen myynti on tärkeässä asemassa, mutta yrityksillä voi olla myös tätä tärkeämpiä liiketoimintoja. Suuressa yrityksessä liikevaihto on yli 50 miljoonaa euroa, keskikokoisessa 10–50 miljoonaa euroa ja pienessä alle 10 miljoonaa euroa.

Vuonna 2019 Suomessa 58 yrityksestä, jotka olivat erikoistuneet VR-, AR- ja XR-teknologiaan, tuotteisiin ja/tai palveluihin yrityksen päätoimintana, yksikään (0%) ei ollut suuri ja 2 (3%) oli keskisuuria (työntekijöiden määrän, ei liikevaihdon mukaan). Pieniä yrityksiä oli suuri enemmistö (75–97%) eli niiden liikevaihto oli alle 10 miljoonaa euroa ja niissä oli alle 50 työntekijää. Mikroyrityksiä oli 55–77% kaikista alan erikoistuneista yrityksistä. Liikevaihdosta ei ollut tarkkoja tietoja koskien 13 yritystä (22%), mutta ne olivat todennäköisesti pieniä (Kuva 5). Erikoistuneiden yritysten yhteinen liikevaihto vuonna 2019 oli 30,8 miljoonaa euroa. Alaan erikoistuneiden yritysten liikevaihto on siis varsin pieni, vain 3% alan kaikkien yritysten (140 tutkittua yritystä) liikevaihdosta. Toisaalta tässä raportissa ei ole selvitetty paljonko alaan liittyvät yritykset käyttävät liikevaihdostaan nimenomaan VR:n, AR:n ja XR:n kehittämiseen. Yksikään erikoistunut yritys ei siis ollut suuri, joten näiden liikevaihdon osuus oli 0%. Keskisuurten yritysten liikevaihdon osuus oli 8,0 miljoonaa euroa (26%) ja pienten yritysten 22,8 miljoonaa euroa (74%). Alle 100 000 euron yritysten liikevaihdon osuus kaiksita alan erikoistuneista yrityksestä oli 1,0 miljoonaa euroa (3%). Kaikista alan erikoistuneista yrityksistä yli viisi vuotta vanhoja oli 23 (40%) eli ne oli perustettu vuonna 2015 tai aiemmin. Nuorempien yritysten osuus oli hieman suurempi erikoistuneiden yritysten joukossa verrattuna kaikkiin alan yritykseen (60% vs. 55%).

Vuonna 2017 laaditussa raportissa VR- ja AR-alojen yrityksistä tunnistettiin 5 yritystä, joiden liikevaihto oli yli miljoona euroa. Näistä 2 yritystä oli keskittynyt nimenomaan VR:n tai AR:n kehittämiseen, tuotteisiin tai palveluihin. Muutama vuosi myöhemmin miljoonayritysten lukumäärä on paljon korkeampi (12–38 riippuen kriteereistä). Monet alan yritykset ovat kasvaneet, vaikka ne ovat globaalisti hyvin pieniä. Vuoden 2017 ja

2021 raportteja ei kuitenkaan voi suoraan verrata toisiinsa. Vuoden 2017 raportissa noin puolet (52%) alan yrityksistä oli hyvin pieniä (liikevaihto alle 100 000 euroa), ja jotkut olivat vasta aloittaneet toimintansa. Muutama vuosi myöhemmin näiden hyvin pienien yritysten osuus oli laskenut noin kolmannekseen (30–36%) eli alan yritysten keskimääräinen koko oli kasvanut.



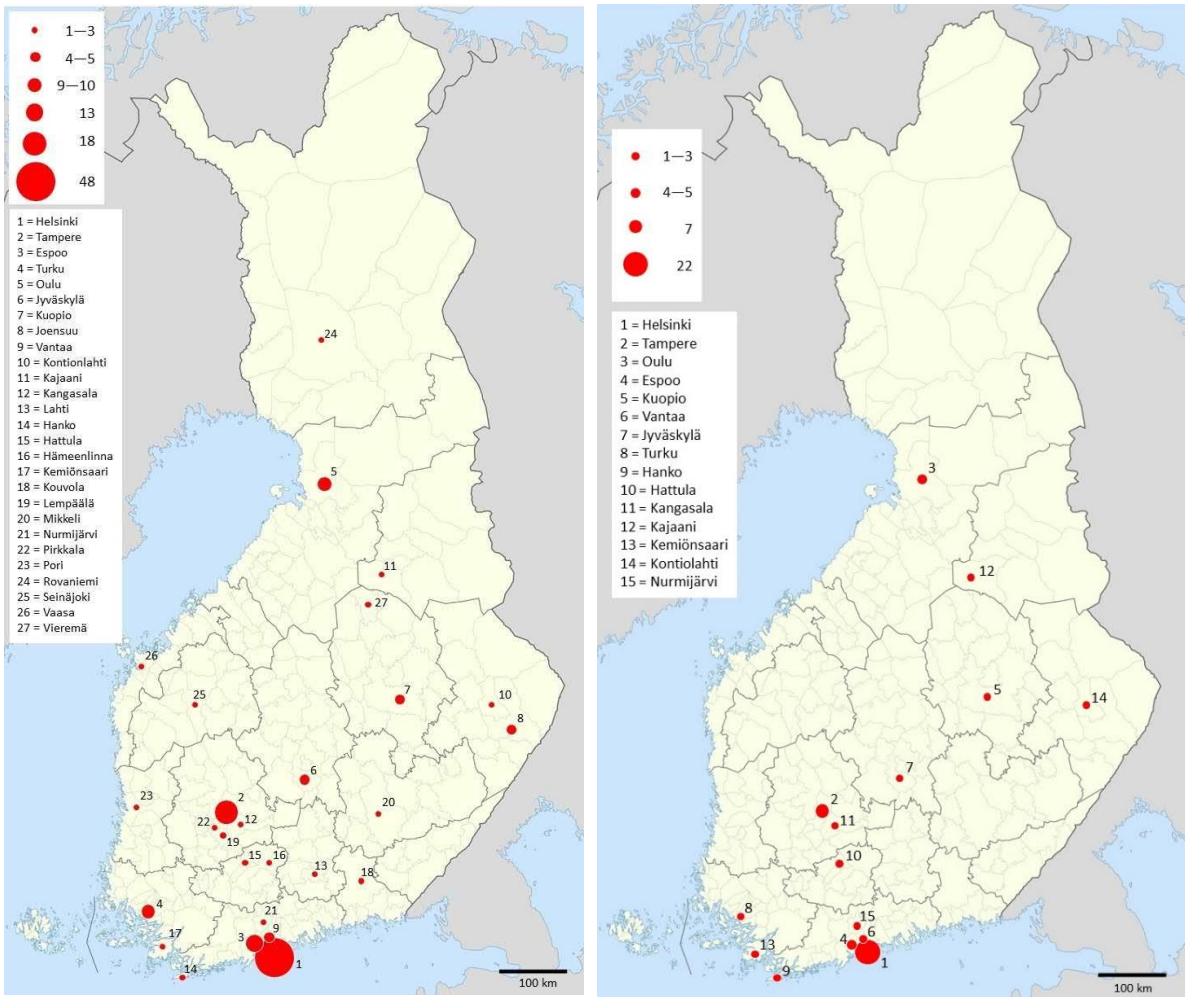
Kuva 5. Erikoistuneiden VR -, AR- ja/tai XR-yritysten koko (vasemmalla) ja liikevaihto (oikealla) Suomessa vuonna 2019. Aineistona 58 yritystä, joissa VR-, AR- ja/tai XR-teknologian, tuotteiden tai palvelujen kehittäminen on yrityksen päätehtävä. Suuressa yrityksessä liikevaihto on yli 50 miljoonaa euroa, keskikokoisessa 10–50 miljoonaa euroa ja pienessä alle 10 miljoonaa euroa.

Liikevaihdoltaan 100 000 – miljoonan euron alan yrityksiä oli vuonna 2019 32 eli niitä oli 12 vähemmän kuin edellisenä vuotena (8 yritystä oli kasvanut suuremmaksi miljoonayritysten luokkaan, 7 yritystä oli muuttunut pienemmäksi alle 100 000 euron yritysten luokkaan ja 3 yritystä oli noussut tähän kategoriaan, joista 2 uutta yritystä). Liikevaihdoltaan 100 000 – miljoonan euron alan erikoistuneita yrityksiä oli vuonna 2019 12 eli niitä oli 4 vähemmän kuin edellisenä vuotena (5 oli kasvanut suuremmaksi, 4 yritystä oli muuttunut pienemmäksi, 5 oli noussut tähän kategoriaan, joista 4 oli uusia yrityksiä). Monien pienten yritysten nousu yli 100 000 euron yrityksiksi on hidasta ja haasteellista. Vuonna 2020 osa alan yrityksistä pieneni yleisempiin taloudellisiin haasteisiin liittyen koronapandemian takia. Haastateltujen alan yritysten näkemykset koronapandemian vaikutuksista vaihtelivat. Yrityksistä 42% oli sitä mieltä, että VR:n, AR:n ja/tai XR:n kysyntä oli kasvanut, 27% että se oli supistunut, 23% että se oli kasvanut ja supistunut teemoista riippuen ja 8% ei osannut vastata.

Alueellisesti tarkastellen Helsinki ja pääkaupunkiseutu ovat VR-, AR- ja XR-alan yritysten merkittävä keskittymä (Kuva 6). Siellä on kymmeniä alan yrityksiä ja satoja alan työntekijöitä. Merkittävä määrä alan teknologian kehittäjiä ja yrityksiä sijaitsee juuri Helsingissä. Tämä oli tilanne jo vuonna 2017, jolloin Helsinki tunnistettiin alan merkittävimmäksi keskittymäksi ja lähes puolet (48%) alan yrityksestä sijaitsi Uudellamaalla (FiVR 2017). Pääkaupunkiseudulla on mahdollista saada aikaan yhteistyötä, työnjakoa ja yrityksestä toiseen liikkuvaa osaavaa työvoimaa ja tiedon vaihtoa. Näin pääkaupunkiseudulle muodostuisi selkeä alan kehittämisen klusteri. Siellä sijaitsee myös Helsinki XR Center, joka on virtuaalisen ja lisätyn todellisuuden kehittämisverkosto, joka tarjoaa myös toimitiloja ja asiantuntijapalveluita alan yrityksille (HXRC 2021). Myös

alihankintaketjujen muodostaminen voi olla helpompaa maantieteellisen läheisyyden vuoksi. Toisaalta koodaus ja muu toiminta, jotka eivät ole kehittämisessä paikkasidonnaisia, voivat tapahtua myös ulkomailla. Näin enenevässä määrin tulee myös tapahtumaan, koska useista maista on saatavilla osaavaa ja edullista työvoimaa. Samalla markkinointi voi vaatia läsnäoloa päämarkkina-alueille, joten alan keskeisistä yrityksistä tulee verkostomaisia yli maan rajojen.

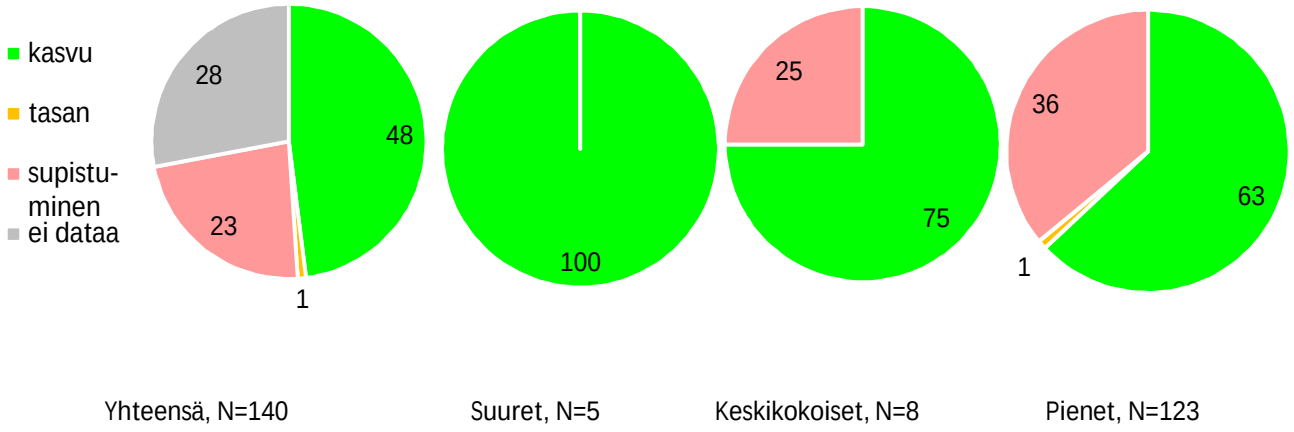
Muualla Suomessa on vain yksittäisiä pienempiä keskittymiä muutamilla paikkakunnilla. Vuoden 2017 raportin mukaan muita Helsinkiä oleellisesti pienempiä alan yritysten keskittymiä olivat Tampere, Oulu, Turku ja Kuopio (FiVR 2017). Kun tarkastellaan vuonna 2020 kaikkia niitä yleisiä yrityksiä, joilla oli merkittävää VR-, AR- ja/tai XR-teknologioiden kehittämistä tai niiden tuotteiden ja palvelujen myyntiä, Helsingin ulkopuolella pienempiä alan yritysten keskittymiä olivat Tampere, Espoo, Turku, Oulu ja Vantaa. Tarkasteltaessa vuonna 2020 VR-, AR- ja/tai XR-teknologioiden kehittämiseen tai tuotteiden ja palvelujen myyntiin erikoistuneita yrityksiä, oli Helsinki ylivoimaisesti suurin ja Tampere hieman muita suurempi keskittymä niille yrityksille, mutta muualla keskittymiä ei ollut (Kuva 6).



Kuva 6. VR-, AR- ja/tai XR-yritysten sijainti Suomessa vuonna 2020. Vasemmalla kaikki 140 yleistä yritystä, joiden liiketoiminnassa VR-, AR- ja/tai XR-tuotteiden tai palvelujen myynti on tärkeässä asemassa, mutta yrityksillä voi olla myös muita tätä tärkeämpiä liiketoimintoja, ja oikealla 58 erikoistunutta yritystä, joissa VR-, AR- ja/tai XR-teknologian, tuotteiden tai palvelujen kehittäminen on niiden päätehtävä.

VR-, AR- ja/tai XR-yritysten liikevaihdossa tapahtui Suomessa muutoksia vuosien 2017–2020 välisenä aikana. Yleispiirteenä voidaan todeta, että monien yritysten liikevaihto kasvoi vuoteen 2019 ja sitten supistui vuonna 2020 koronapandemian sivuvaikutusten vuoksi. Vuoden 2021 alussa haastatelluista 27 yrityksistä 39%:n päämarkkinat olivat Suomessa, 19%:n Suomessa ja ulkomailla ja 42%:n ulkomailla. Niin globaalin kuin Suomen talouden kehitys vaikuttavat näiden yritysten toimintaan. Toisaalta globaali VR-, AR- ja XR-tuotteiden ja palvelujen kysyntä on nopeaa ja suurta, joten oleelliseen kasvuun tähtäävien yritysten päämarkkinat tulevat olemaan Suomen ulkopuolella. Näiden selkeästi globaaleille markkinoille pyrkivien yritysten liikevaihto voi kasvaa nopeastikin alaa koskevan kysynnän nopean kasvun myötä.

Tarkasteltaessa vuodesta 2017 vuoteen 2018 kaikkia suomalaisia yrityksiä (tässä tutkitut 140 yritystä), jotka kehittävät tai myyvät VR-, AR- ja XR-teknologiaa, tuotteita tai palveluja, voidaan huomata, että liikevaihto kasvoi vajaalla puolella (44%) alan yrityksistä (mediaanikasvu 153 000 euroa) ja liikevaihto supistui noin joka viidennellä (19%) yrityksellä (mediaanisupistuminen 58 000 euroa). Vuodesta 2018 vuoteen 2019 liikevaihto kasvoi edelleen vajaalla puolella (48%) näistä alan yrityksistä (mediaanikasvu 160 000 euroa), mutta liikevaihtoaan supistuneiden yritysten määrä oli kasvanut joka neljänteen yritykseen (23%) (mediaanisupistuminen 48 000 euroa (Kuva 7). Vuoden 2020 liikevaihdosta yrityksissä ei ollut vielä tammikuussa 2021 riittävän laajaa tietoa.



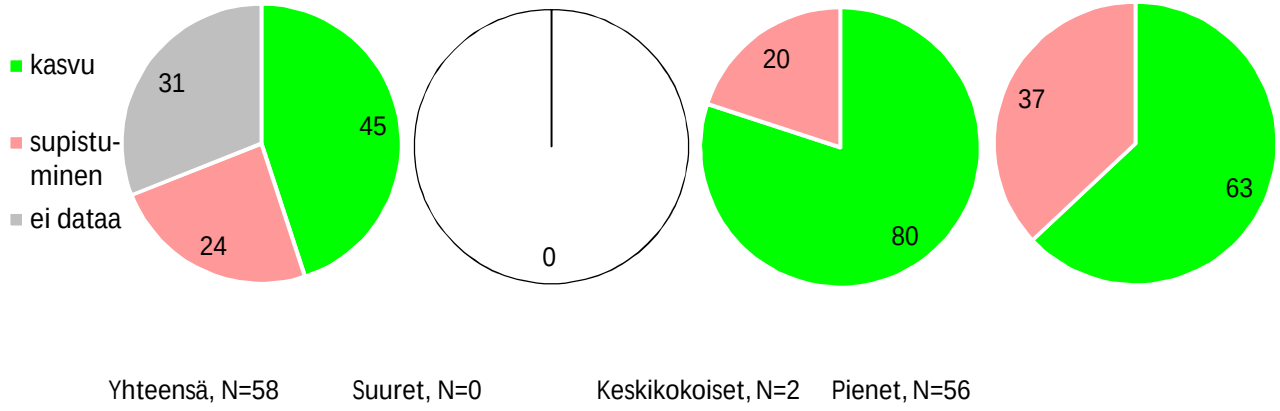
Kuva 7. VR-, AR- ja/tai XR-yritysten liikevaihdon kehitys vuodesta 2018 vuoteen 2019. Aineistona 140 yritystä, joiden liiketoiminnassa VR-, AR- ja/tai XR-tuotteiden tai palvelujen myynti on tärkeässä asemassa, mutta yrityksillä voi olla myös tätä tärkeämpiä liiketoimintoja. Suuressa yrityksessä liikevaihto on yli 50 miljoonaa euroa, keskikokoisessa 10–50 miljoonaa euroa ja pienessä alle 10 miljoonaa euroa.

Liikevaihdon määrää henkilöstön suhteen on haasteellinen arvioida puutteellisten yksityiskohtaisten tietojen vuoksi. Lisäksi osa isoimmista yrityksistä on konserneja, ja näistä tarkastellaan vain Suomessa olevan varsinaisen emoyhtiön lukuja. Vuonna 2019 liikevaihto oli noin 168 000 euroa työntekijää kohden vähintään miljoonan euron liikevaihdon yrityksissä, noin 68 000 euroa työntekijää kohden yrityksissä, joiden liikevaihto oli 100 000 – miljoona euroa, ja noin 23 000 euroa työntekijää kohden yrityksissä, joiden liikevaihto oli alle 100 000 euroa. Alan suuret yritykset saavat siis kaupaksi paljon enemmän tuotteita ja/tai palveluja, minkä myötä tarvitaan lisää työntekijöitä, jotka taas tuottavat lisää tuotteita ja palveluja. Pienillä yrityksillä kestää

aikansa ennen kuin niiden toiminta on taloudellisesti kannattavaa ja elättää kokopäiväisesti niissä työskentelevät.

Tarkasteltaessa niitä erikoistuneita yrityksiä, joilla VR-, AR- ja XR-teknologia, tuotteet ja/tai palvelut ovat liiketoiminnan ytimessä, niin vuodesta 2017 vuoteen 2018 liikevaihto kasvoi yli joka kolmannessa (36%) näistä yrityksistä (mediaanikasvu 232 000 euroa) ja joka kuudennen (17%) liikevaihto supistui (mediaanisupistuminen 60 000 euroa). Vuodesta 2018 vuoteen 2019 liikevaihto kasvoi alle puolella (45%) näistä yrityksistä (mediaanikasvu 77 000 euroa) ja joka neljännen yrityksen (24%) liikevaihto supistui (mediaanisupistuminen 35 000 euroa) (Kuva 8). Vuosien 2017–2019 välillä supistuneiden yritysten supistuminen oli pienentynyt. Vuoden 2020 liikevaihdosta yrityksissä ei ollut vielä tammikuussa 2021 riittävän laajaa tietoa.

Myös näitä erikoistuneita yrityksiä koskien on haasteellinen arvioida liikevaihdon ja henkilöstön määrän suhdetta. Vuonna 2019 vähintään miljoonan euron liikevaihdon yrityksissä liikevaihto oli noin 114 000 euroa työntekijää kohden, 40 000 euroa työntekijää kohden yrityksissä, joiden liikevaihto oli 100 000 – miljoona euroa, ja 27 000 euroa työntekijää kohden yrityksissä, joiden liikevaihto oli alle 100 000 euroa. Taloudellinen tehokkuus työntekijää kohden oli erikoistuneissa yrityksissä keskimäärin pienempi yli 100 000 euron liikevaihdon yrityksissä verrattuna yrityksiin, joilla oli merkittävää VR-, AR- ja/tai XR-liiketoimintaa, mutta joille se ei ollut yrityksen tärkein liiketoiminnan teema.



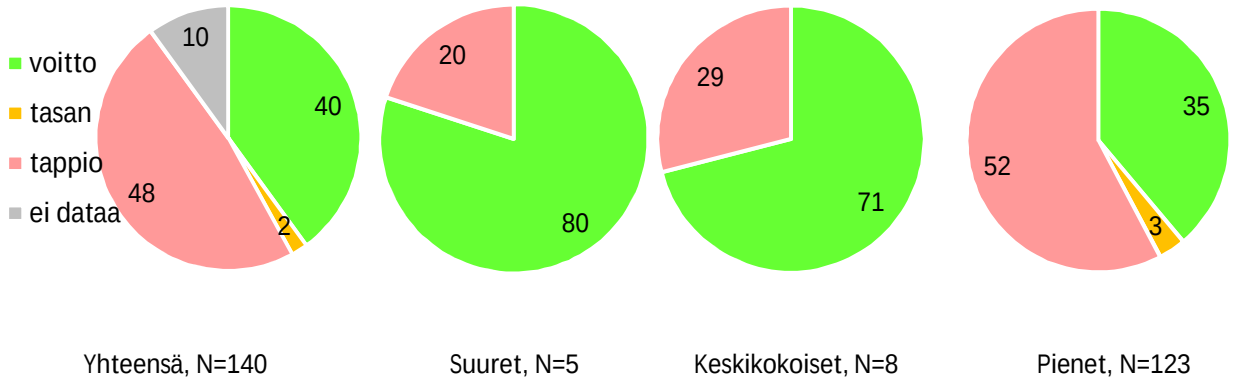
Kuva 8. Erikoistuneiden VR-, AR- ja/tai XR-yritysten liikevaihdon kehitys vuodesta 2018 vuoteen 2019. Aineistona 58 yritystä, joissa VR-, AR- ja/tai XR-teknologian, tuotteiden tai palvelujen kehittäminen on yrityksen päätehtävä. Suuressa yrityksessä liikevaihto on yli 50 miljoonaa euroa, keskikokoisessa 10–50 miljoonaa euroa ja pienessä alle 10 miljoonaa euroa.

VR, AR ja XR ovat aloja, jotka ovat vielä monella tapaa kehittymässä. Niinpä osa alan yrityksistä vasta kehittää teknologiaa, tuotteita ja palveluja ennen niiden laajaa kaupallistamista markkinoille, jolloin kustannukset suhteessa liikevaihtoon ovat suuria. Vuonna 2018 kaikista yrityksistä, jotka kehittävät tai myyvät VR-, AR- ja XR-teknologiaa, tuotteita tai palveluja, liikevaihdon suhteen voitollisia oli 37% (tappiollisia 45%, lopuista 18% ei ole tarkkaa tietoa). Voitollisten yritysten mediaanivoitto oli 7% liikevaihdosta ja mediaanisuuruus 30 000 euroa. Seuraavana vuonna eli vuonna 2019 alan yrityksistä liikevaihdon suhteen voitollisia oli noin 40% (2% tasan, tappiollisia 48%, lopuista 10%:sta ei ole tarkkaa tietoa) (Kuva 9). Voitollisten yritysten mediaanivoitto

8% liikevaihdosta ja mediaanivoitto oli 31 000 euroa. Alalla on siis paljon yrityksiä, joiden voitto on hyvin pieni ja samalla vähän yrityksiä, joilla on hyvin suuri liikevoitto.

Vastaavasti vuonna 2018 tappiollisten yritysten mediaanitappio oli 37% liikevaihdosta ja mediaanitappio 40 000 euroa. Seuraavana vuonna 2019 tappiollisten yritysten mediaanitappio oli 41% liikevaihdosta ja mediaanitappio 53 000 euroa. Tappiollisia yrityksiä oli 48%. Tappiollisten yritysten mediaanitappio on suurempi kuin voitollisten yritysten mediaanivoitto.

Vuonna 2019 alan yrityksistä 20 teki voittoa enemmän kuin 100 000 euroa ja 27 teki tappiota yli 100 000 euroa. Tuolloin 58% yli miljoonan euron liikevaihdon yrityksestä oli voitollisia, 52% yrityksistä, joiden liikevaihto oli 100 000 – miljoona euroa ja 30% pienemmistä yrityksistä. Yrityksen koon kasvaessa voitollisten yritysten määrä kasvaa suhteellisesti. Tietoja yritysten liiketoiminnan tuloksellisuudesta vuonna 2020 ei ollut vielä saatavilla tammikuussa 2021.



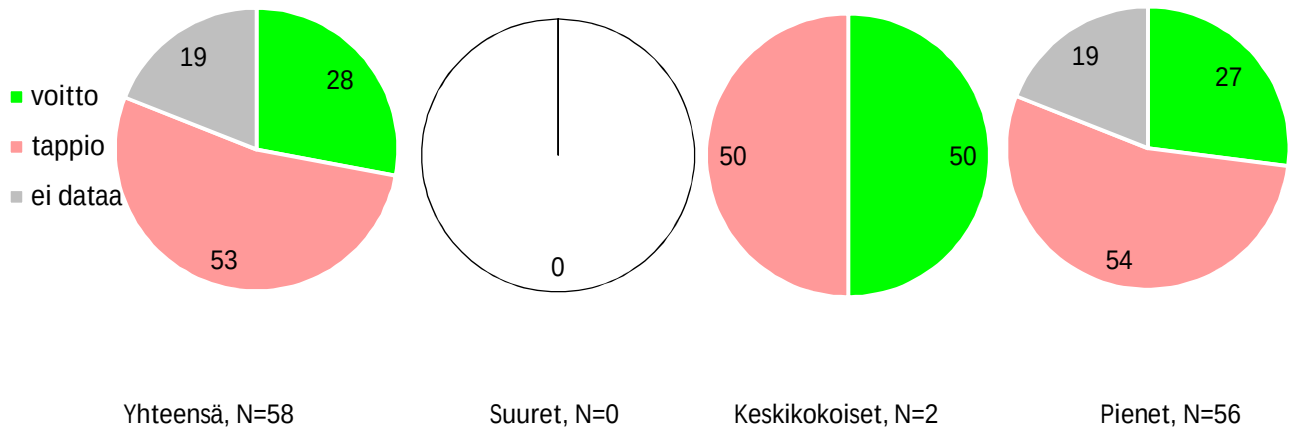
Kuva 9. VR-, AR- ja/tai XR-yritysten tulos vuonna 2019. Aineistona 140 yritystä, joiden liiketoiminnassa VR-, AR- ja/tai XR-tuotteiden tai palvelujen myynti on tärkeässä asemassa, mutta yrityksillä voi olla myös tätä tärkeämpiä liiketoimintoja. Suuressa yrityksessä liikevaihto on yli 50 miljoonaa euroa, keskikokoisessa 10–50 miljoonaa euroa ja pienessä alle 10 miljoonaa euroa.

Vuonna 2018 kaikista erikoistuneista yrityksistä, joiden ydintoimintana oli VR-, AR- ja XR-teknologia, tuotteet ja/tai palvelut ja niiden kehittäminen, liikevaihdon suhteen voitollisia oli reilu kolmannes (36%) (tappiollisia 38%, nollatulos 2%, ei tietoa 22%). Voitollisten yritysten mediaanivoitto oli 6% liikevaihdosta ja mediaanivoitto 15 000 euroa. Seuraavana vuonna eli vuonna 2019 alan yrityksistä liikevaihdon suhteen voitollisia oli 28% (tappiollisia 53%, ei tietoa 19%). Voitollisten yritysten mediaanivoitto oli 3% liikevaihdosta ja mediaanisuuruus oli 5 000 euroa. Vain 3 (5%) yritystä teki yli 100 000 euroa voittoa.

Vastaavasti vuonna 2018 liikevaihdon suhteen tappiollisia erikoistuneita yrityksiä oli 38%. Tappiollisten yritysten mediaanitappio oli 65% liikevaihdosta ja mediaanitappio 70 000 euroa. Seuraavana vuonna 2019 tappiollisia yrityksiä oli 53% ja yritysten mediaanitappio oli 49% liikevaihdosta ja mediaanitappio 40 000 euroa. Alan erikoistuneiden yritysten tappiot ovat voittoja suurempia (Kuva 10).

Vuodesta 2017 vuoteen 2019 tappiot pienenivät mutta vuonna 2019 13 yrityksen (22%) tappiot olivat yli 100 000 euroa. Tietoja yritysten liiketoiminnan tuloksellisuudesta vuonna 2020 ei ollut vielä saatavilla tammikuussa 2021. Erikoituneilla yrityksillä yrityksen koon kasvaminen ei välttämättä johda voiton

kasvamiseen mikä oli yleisempää muilla kuin alaan erikoistuneilla yrityksillä. Tosin tässä yrityksen koolla on merkitystä eli voitollisia olivat useammin yli 10 miljoonan ja varsinkin 50 miljoonan euron liikevaihdon yritykset.



Kuva 10. Erikoistuneiden VR-, AR- ja/tai XR-yritysten tulos vuonna 2019. Aineistona 58 yritystä, joissa VR-, AR- ja/tai XR-teknologian, tuotteiden tai palvelujen kehittäminen on yrityksen päätehtävä. Suuressa yrityksessä liikevaihto on yli 50 miljoonaa euroa, keskikokoisessa 10–50 miljoonaa euroa ja pienessä alle 10 miljoonaa euroa.

VR-, AR- ja XR-yritysten henkilöstön määrää ei voida arvioida helposti, koska yritykset raportoivat sitä eri tavoin. Osa yrityksistä esittää henkilöstönsä henkilötyövuosina, toiset vuoden aikana työsuhteessa olleiden henkilöiden mukaisesti. Yleispiirre on, että vain hyvin harvassa yrityksessä on enemmän kuin 50 työntekijää ja hyvin monissa yrityksissä on vain muutama työntekijä. Työntekijöiden määrän kehitys noudattelee pääpiirteissään liikevaihdon kehitystä, varsinkin liikevaihdon kasvun suhteen.

Alan suurissa yrityksissä, jotka kehittävät tai myyvät VR-, AR- ja XR-teknologiaa, tuotteita tai palveluja, on yli 100 työntekijää. Vuonna 2017 näitä yrityksiä tunnistettiin neljä (FiVR 2017). Vuoteen 2021 tullessa näiden yritysten määrän voidaan todeta kasvaneen (näitä oli vähintään 13 yritystä). Tämä ei tapahtunut niinkään siksi, että alalle olisi tullut uusia suuria yrityksiä tai yritykset olisivat kasvaneet suuriksi. Sen sijaan VR-, AR- ja/tai XR on tullut ”tavallisten” suurten ja keskisuurten yritysten myytäviin tuotteisiin tai palveluihin. Yritysten koko henkilöstön määrän tarkastelu ei myöskään anna tarkkaa kuvaa siitä, missä määrin yritys keskittyy VR:n, AR:n ja/tai XR:n kehittämiseen.

Haastattelujen perusteella, alan keskikokoisissa yrityksissä, joiden ydintoimintana olivat VR-, AR- ja XR-teknologia, tuotteet ja/tai palvelut ja niiden kehittäminen, on enimmillään yli 100 VR:n, AR:n ja/tai XR:n kehittämistehtävissä toimivaa henkilöä. Pienemmissä yrityksissä heitä oli 2–10 henkilöä. Tyypillistä oli, että alan pienissä yrityksissä lähes kaikki työntekijät toimivat vähintään osan aikaa VR:n, AR:n ja/tai XR:n kehittämistehtävissä. Sen sijaan suuremmissä yrityksissä työtehtävät ovat erikoistuneita ja osa työntekijöistä keskittyy päätoimisesti VR:n, AR:n ja/tai XR:n kehittämiseen.

Alan yrityksistä enemmistön toiminta liittyi VR:n tai AR:n kehittämiseen. XR:n kehittämistä teki päätoimisesti vain harvat yritykset. Toisaalta teknologian kehittämisessä VR:n, AR:n ja XR:n erot voivat olla vähäisiä, joten yritysten toiminnan luokittelu vain yhteen teknologiaan on vain suuntaa antava. Yritysten päätoiminnan kohteena olivat VR (43%), AR (19%) ja XR (7%) sekä näiden yhdistelmät (31%). Haastateltujen yritysten mukaan yritysten kehitystoiminta oli muuttunut koronapandemian aikana. Oleellisia muutoksia olivat

totuttautuminen uusiin (etä)työskentelytapoihin, keskittyminen asiakkaisiin ja tulevaisuuteen. Suuremmilla alan yrityksillä se tarkoitti esimerkiksi hankkeiden toteuttamisen aikataulujen siirtämistä eteenpäin tilaajien toivomuksesta sekä projektisalkun hankkeiden määrän vähenemistä, koska uusia tilauksia tule hitaammin ja vähemmän, tai uusien tuotteiden kehittämistä. Monilla pienillä alan yrityksillä se tarkoitti kehittämistoiminnan teemojen vaihtamista tai joskus jopa sen lopettamista kokonaan väliaikaisesti.

Liiketoiminnan alat vaihtelivat yrityksissä, jotka kehittävät tai myyvät VR-, AR- ja XR-teknologiaa, tuotteita tai palveluja. Tavanomaisia toimialoja olivat konsultaatiopalvelut, ohjelmistot ja sovellukset sekä monenlaiset suunnitteluun liittyvät tuotteet ja palvelut. Tyypillisiä tuotteita näillä yrityksillä olivat markkinointimateriaalit, teolliset tuotteet, pelit ja viihdekäyttöön liittyvät tuotteet. Alan yrityksissä, joiden ydintoimintana oli VR-, AR- ja XR-teknologia, tuotteet ja/tai palvelut ja niiden kehittäminen, tavanomaisia toimialoja olivat ohjelmisto- ja sovelluspalvelut (Taulukko 1). Tyypillisiä tuotteita näillä yrityksillä olivat teolliset tuotteet, markkinointimateriaalit, pelit ja viihdekäyttöön tarkoitetut muut tuotteet, simulaatiot ja mallintaminen.

Vain harvat yritykset tekevät aktiivista, järjestelmällistä ja laajaa analyysia useista toimialoista ja pohtivat sitä, minkälaisia tuotteita tai palveluja eri toimialoille voisi olla mahdollista tarjota (ks. myös kappale 4 suomalaisten yritysten VR:n, AR:n ja XR:n tuotteiden ja palvelujen käytöstä ja kysynnästä). Tuotteita kehitetään tilaajille kysyntävetoisesti eli sitä mitä tilataan, sitä myös kehitetään ja tuotetaan. Niinpä alan yritykset eivät ole juurikaan pohtineet järjestelmällisesti millä tavoin virtuaalisen, lisätyn tai yhdistetyn todellisuuden (VR/AR/XR) tuotteita tai palveluja voisi hyödyntää innovaatioiden kehittämisessä yrityksissä tai muissa organisaatioissa.

Joitakin VR-, AR- ja XR-tuotteita ja -palveluja hyödynnetään innovaatioprosesseissa, varsinkin prosessien loppuvaiheissa, kun vaikkapa uudistetaan palvelutoimintoja. Sen sijaan näiden tuotteiden ja palvelujen hyödyntämiseen innovaatioprosessien alkuvaiheessa, esimerkiksi ideoiden synnyttämisessä aiemmasta tiedosta toimijoiden vuorovaikutuksen, tiedon tulkinnan, idean kontekstiin viemisen ja innovaation palvelumuotoilun avulla, ei ole juurikaan kiinnitetty huomiota, vaikka mahdollisuuksia tähän olisikin. VR-, AR- ja XR-tuotteet ja -palvelut voivat soveltua hyvin ja tehokkaasti edistämään innovaatioiden kehittymistä, joita tukevat ihmisten ja koneiden vuorovaikutus fyysisen tilan ja virtuaalisen tilan yhdistelmissä (Jauhiainen 2021). Yrityshaastattelujen perusteella alan yritykset eivät juuri itsekään hyödynnä VR/AR/XR:n sovelluksia omassa innovaatiotoiminnassaan.

4. Kysyntä Suomessa: VR:n, AR:n ja XR:n käyttö yritysten toiminnassa

VR, AR ja XR ovat kehittyviä teknologioita, joita on mahdollista hyödyntää monin tavoin mitä erilaisempien toimialojen yrityksissä. Näitä teknologioita voi käyttää tuotantoprosessin eri vaiheissa, joka alkaa tuotteen tai palvelun ideoinnista, tarvittavien raaka-aineiden tai kehitysaihioiden hankinnasta. Prosessi jatkuu ideoiden, tuotteiden ja palvelujen kehittämisellä ja aina niiden muotoiluun, käytön kokeiluun ja viemiseen markkinoille. Lopulta yritys voi saada VR:n, AR:n ja XR:n sovellusten avulla markkinoilta palautetta, joka johtaa tuotteen tai palvelun kehittämiseen edelleen tai käytettyjen tuotteiden kierrätykseen.

VR:n, AR:n ja XR:n sovelluskäyttöä Suomessa rajoittavat vain niitä hyödyntävien yritysten mielikuvitus keksiä näille sovelluksille yrityksen toimintaa tukevaa käyttöä, yrityksen kyky hyödyntää niitä taloudellisesti järkevästi yritystoiminnassa sekä näiden teknologioiden taipuminen yritysten tarpeisiin. Tuotteita ja palveluja vastaanottavalla kontekstilla on myös merkitystä. Teknologian kehittymisen myötä erilaiset VR-, AR- ja XR-laitteet toimivat myös itsenäisesti ilman tarvetta kytkeä niitä tietokoneeseen. Tiedonsiirtonopeuden kasvaessa 5G-verkon ja pilvipalvelujen, kuten kuormitusta hajauttavan ja tasaavan pilvilaskennan avulla on laitteita, ohjelmia ja sovelluksia entistä tehokkaampi ja mukavampi käyttää.

VR-, AR- ja XR-teknologioita koskevan kysynnän selvittämiseksi yrityksissä kerättiin haastatteluaineisto joulukuussa 2020 – tammikuussa 2021. Yhteensä 51 yritykseltä kysyttiin niiden (mahdollisesta) VR:n, AR:n ja/tai XR:n käytöstä liiketoiminnassaan sekä yritysten näkemyksistä VR:n, AR:n ja/tai XR:n käyttömahdollisuuksista innovaatiotoiminnassa. Kysyttiin myös etätöiden ja koronapandemiaan liittyvien rajoitusten vaikutuksista yritysten innovaatiotoimintaan. Haastateltaviksi valittiin erikokoisia ja eri kehitysvaiheissa olevia yrityksiä Suomesta alkutuotannon, jalostuksen ja palveluiden toimialoilta. Toimialat olivat maatalous, kalatalous, metsätalous, energia, logistiikka ja liikenne, teknologia, metsäteollisuus, paperiteollisuus, kaivosteollisuus, koneteollisuus, metalliteollisuus, rakennusteollisuus, kauppa, terveydenhoitoala, matkailu, pankkitoiminta, koulutus, ravintola-ala ja viihde. Lisäksi varmistettiin, että haastatelluiksi suunniteltujen yritysten joukossa olivat Suomen innovatiivisimmiksi erilaisissa arvioissa esitetyt yritykset. Jokaiselta toimialalta haastateltavaksi valittiin yksi alan johtava yritys, jolla on yleensä kansainvälistä merkitystä, yksi keskisuuri yritys, jolla on kansallinen merkitys tai vähintään alueellinen merkitys Suomessa sekä yksi pieni yritys, jolla on lähinnä paikallinen merkitys. Yritykset sijaitsivat eri puolilla Suomea. Tällä otannalla saatiin yleiskuva suomalaisten yritysten VR:n, AR:n ja XR:n käytöstä sekä mahdollisesta kysynnästä yritysten keskuudessa, oli yritys näitä teknologioita aiemmin käyttänyt tai ei. Haastateltujen yritysten nimiä ei mainita tässä raportissa niiden anonymiteetin takaamiseksi.

Lisäksi tehtiin joulukuussa 2020 seitsemän haastattelua eri alojen kattojärjestöille koskien koronapandemian vaikutuksia heidän alansa yrityskenttään ja innovointiin sekä millä tavoin VR, AR tai XR voisivat tukea yritysten kehittämistä järjestöjen edustamilla aloilla.

4.1. VR:n ja AR:n käyttö ja kysyntä suomalaisissa yrityksissä vuoden 2021 alussa

Virtuaalitodellisuus ja lisätty todellisuus ovat teknologioina, tuotteina ja palveluina yleistyneet 2020-luvulle tultaessa niin paljon suomalaisten yritysten käytössä, että tässä raportissa ei voida antaa yleiskuvaa tilanteesta Suomessa. Lisäksi VR:n ja AR:n käyttö lisääntyy vuosi vuodelta, joten tilannekuvaus vanhenee jo muutamien kuukausien sisällä. Suomessa on vuoden 2021 alussa kenties jo tuhansia yrityksiä, jotka jollain tavalla hyödyntävät VR- tai AR-teknologiaa ja sovelluksia toiminnassaan.

Useiden haastateltujen yritysten näkökulmana oli se, että yksinkertaisesti digitalisoitavat toimintaprosessit voidaan viedä VR:n ja AR:n piiriin, mikäli tästä katsotaan yritykselle olevan taloudellista hyötyä. Hyötyä tulee erityisesti ajan ja materiaalikustannusten säästämisestä. Yrityksen myös vastaavat kysyntään eli kun VR ja AR

tulevat laajemmin tutuksi ja käyttöön muille yrityksille, julkiselle hallinnolle ja suurelle yleisölle, niin näitä aletaan hyödyntää myös vuorovaikutuspintana yrityksistä nykyisiin ja tuleviin asiakkaisiin. Käytettävän VR/AR-teknologian ja -tuotteen tulee vastata yritysten tarpeisiin.

Haastatelluista yrityksistä kolmasosa (34%) oli käyttänyt jollakin tapaa VR- tai AR-teknologiaa tai sovelluksia toiminnassaan ja kaksi kolmesta (66%) ei ollut käyttänyt. Yleispiirteenä voidaan todeta, että isot ja varsinkin kansainväliset yritykset olivat niitä, joissa VR- ja AR-sovellusten käyttö oli jo tavallista, ja niissä koettiin myös näistä teknologioista olevan hyötyä. Seuraavassa esitetyt tapaukset koskien suomalaisia yrityksiä eri toimialoilta ovat vain esimerkkejä, eivätkä kuvasta koko toimialan tilannetta Suomessa.

Tässä esille nostetut kansainväliset esimerkit VR:n ja AR:n käytöstä eri toimialoilla perustuvat kymmeniin vapaasti saatavilla oleviin internetsivustoihin ja alan teknologian kehittäjien ja kehityksen raportoijien ja markkinoijien kuvauksiin. Näitä lähteitä ei tarkemmin yksilöidä tässä raportissa. Eri toimialojen esimerkit VR/AR-teknologioiden käytöstä ovat yksittäisiä jo toteutettuja tuotteita tai palveluita, eivätkä ne välttämättä kuvaa toimialan yleisintä näiden teknologioiden tai sovellusten käyttöä. Lisäksi taustaksi tarkasteltiin viimeaikaisia keskeisiä tutkimuksia, joissa käsiteltiin VR-, AR- ja XR-teknologioiden sovelluksia eri toimialoilla (Berg et al. 2018; Damiani et al. 2018; Gerup et al. 2020; Hsieh & Lee 2018; Martinetti et al. 2019; Ong & Nee 2004; Palmarini et al. 2018; Rejeb et al. 2020; Wagler & Hanus 2018; Wolfartsberger 2019; Yung & Khoo-Lattimore 2019; Zhang 2018).

Maa- ja kalatalouden toimialan haastatelluista yrityksistä osa näki, että VR/AR on tulossa osaksi tuotteiden markkinointia. Samalla toiset yritykset tunnustivat, että eivät olleet vielä keksineet käyttöä VR/AR:n sovelluksille, joten yritykset eivät olleet ottaneet niitä käyttöön. Toisaalta teknologisoituminen oli jo kiinteä osa maa- ja kalatalouden toimintoja ja haastatelluissa yrityksissä pohdittiin esimerkiksi tekoälyn hyödyntämistä omissa toiminnoissa. Kansainvälisesti on esimerkkejä VR/AR:n hyödyntämisessä maataloudessa, vaikkapa visualisoimalla paremmin viljelyalan lannoitus tai minne tuholaismyrkkyjä on levitetty pelloilla, miten kasvu vaihtelee viljellyllä alueella tai missä on haittaeläimiä. Oikeiden viljely- tai kalastustekniikoiden simulointi ja harjoittelu ovat mahdollisia näillä sovelluksilla. Voidaan lisätä tuotteiden markkinointia ja kiinnostusta tekemällä virtuaalisovelluksia tuotantoprosesseista näyttämällä miten konkreettinen viljely tai kalastus on tapahtunut. Tähän voidaan yhdistää paikkatietoa eli tarkkaa sijaintitietoa ympäristön elementeistä. AR:n avulla voidaan esitellä tuotteita ilman että kuluttajien pitäisi nähdä oikeaa materiaalista tuotetta, ja voidaan visualisoida tuotteen ravintoarvoja kolmiulotteisilla digitaalisilla kuvilla. Asiakas voisi halutessaan mennä virtuaalisesti viljapellolle tai merelle sekä viljellyn tuotteen tai kalaparven sisälle.

Metsä- ja paperiteollisuuden toimialojen haastatelluista yrityksistä monilla oli VR/AR:n sovelluksia käytössä. Nämä liittyivät esimerkiksi koneiden suunnitteluun ja huoltoon. Lisäksi niitä hyödynnettiin koulutuksessa tuotteiden ja tuotantoprosessien esittelyssä ja asiakaspalvelussa. Osalla yrityksistä on virtuaalihankkeita, kuten virtuaalimetsä, jossa pystyy tutustumaan virtuaalisesti tämän toimialan toimintaympäristöön sekä visualisoimaan metsään kohdistuvien toimenpiteiden vaikutuksia lyhyellä ja pitkällä aikavälillä tai tutustua metsän monimuotoiseen ekosysteemiin. Kiinnostuksen kohteena ovat sovellukset liikekumppaneita ja muita asiakkaita varten. Tällä sovelluksella tulisi voida esitellä asiakkaille helposti ja kustannustehokkaasti virtuaalisesti tuotteita jo suunnitteluvaiheessa. Näin saataisiin nopeasti palautetta prototyypistä ilman konkreettisen fyysisen tuotteen valmistamista ja voitaisiin vähentää tarvetta matkustamiseen tuotteen esittelyyn eri puolille Suomea ja maailmaa. Osa isoista yrityksistä kehittää itse VR/AR-teknologiaa ja sovelluksia omissa laboratorioissaan. Kansainvälisesti löytyy esimerkkejä VR/AR-sovelluksista, jotka mahdollistavat yrityksen kumppaneille tai asiakkaille tutustua yksityiskohtaisesti vaikkapa tehtaaseen tai sen toimintaympäristöön ennen tätä koskevia neuvotteluja tai investointipäätöksiä.

Kaivosteollisuuden toimialojen haastatelluista yrityksistä monet käyttävät VR/AR:ää tuotekehityksessä ja mallinnuksessa. Tätä voidaan soveltaa työntekijöiden koulutuksessa, harjoiteltaessa uusia toimintoja tai simuloidessa räjäytysten vaikutuksia ympäristöön. Digitaalinen visualisointi auttaa ymmärtämään paremmin kallioperän sisällä tapahtuvan porauksen etenemistä ja hyödyntämään jatkuvasti saatavaa uutta dataa kallioperän ominaisuuksista. Virtuaalinen simuloitu ympäristö mahdollistaa myös toimimisen tilanteissa, jossa ei ole mahdollista nähdä kohdetta, jonka parissa työskennellään tai antaa visuaalisesti tietoa akkujen tai polttoaineen riittävyydestä ja jäljellä olevasta ajasta samalla kun käyttäjä keskittyy vaativaan työtehtäväänsä. Myös välineiden huollossa ja kunnostuksessa VR/AR tarjoaa mahdollisuuden saada täsmällisiä ohjeita niin, että korjaaja pystyy käyttämään samanaikaisesti molempia käsiä kunnostustehtäviin.

Metalli- ja koneteollisuuden toimialojen haastateltujen yrityksissä VR/AR:n käyttö on yleistynyt viime vuosina. Varsinkin koneteollisuudessa VR/AR:n käyttö on yleistä tuotekehityksessä ja näitä teknologioita lisätään myös lopputuotteisiin. On tavallista, että lopputuotteen prototyypistä tehdään 3D-malli virtuaalitilaan, jossa sitä tarkastellaan. Hyödynnetään myös VR-laseja, joiden avustamana valmisteilla olevaa tuotetta kehitetään. Varsinaiseen innovaatiotoimintaan VR:ää ei kuitenkaan käytetä. AR:n soveltamisessa ratkaisee usein laatu/hintasuhde, mikä ei vielä ole riittävän hyvä osalle haastatelluista yrityksistä. Metalliteollisuudessa VR/AR:n soveltaminen on vielä selvästi vähäisempää. Toisaalta monet globaalit teollisuuden alat, kuten auto-, lentokone-, öljy-, kaasu- ja puolustusteollisuus hyödyntävät yleisesti VR/AR-teknologioita toiminnoissaan. Tämä teknologia on entistä enemmän integroituneena useisiin näiden alojen lopputuotteisiin.

Energian toimialan haastatellut yritykset soveltavat VR/AR:ää esimerkiksi tehtaiden ja laitteiden ylläpidossa. Tehtaiden toimintaa, huoltoa ja ylläpitoa voidaan toteuttaa kustannustehokkaammin näillä teknologioilla. Voidaan visualisoida paremmin energian tuotantoprosesseja, tunnistaa mahdollisia riskejä etukäteen sekä opastaa vuorovaikutteisesti eri toiminnoissa. Suomalaisilla VR/AR-teknologiaa käyttävillä yrityksillä on suunnitelmia laajentaa sen käyttöä ja monilla muilla yrityksillä on aikomus ottaa se käyttöön. Kiinnostusta on soveltaa näiden teknologioiden käyttöä innovaatiotoiminnassa. Yhdellä alan johtavista yrityksistä on kokonainen virtuaalinen tehdas.

Liikenteen ja logistiikan toimialojen haastatellut yritykset eivät olleet vielä hyödyntäneet VR/AR:ää toiminnassaan, koska ne eivät olleet tunnistaneet niistä saatavia hyötyjä. Samalla yritykset mainitsivat, että mikäli näitä saisi liitettyä mielekkäästi olemassa oleviin sovelluksiin, voitaisiin ne ottaa käyttöön. Kansainvälisesti VR:ää on käytetty suunnittelun työkaluna suunniteltaessa uusia logistisia ketjuja. Tavarantoimittajilla on AR-ratkaisuja. Kansainvälisesti VR/AR on kiinteä osa logistiikkayrityksiä. Kuten monilla muillakin aloilla, sitä käytetään harjoittelussa, tuotantoprosessien tehostamisessa ja virheiden vähentämisessä etukäteen. Voidaan esimerkiksi suunnitella tavaroiden (pienistä tavaroista aina kontteihin asti) pakkaaminen ja siirtäminen ajallisesti ja tilallisesti tehokkaaksi sekä opastamaan logistisen ketjun toimintaa aivan alusta määränpäässä tapahtuvaan luovutukseen asti.

Teknologian toimialan haastatellut yritykset mainitsivat itsekin hieman yllätyksellisesti, että ne eivät olleet hyödyntäneet VR/AR:ää omassa toiminnassaan, mutta ne olivat tästä mahdollisuudesta kiinnostuneita. Toisaalta monet alan yritykset tuottavat näitä teknologioita ja palveluja muiden yritysten eritystarpeisiin, jolloin tämän muuhun kontekstiin suunnitellun teknologian hyödyntäminen omassa yrityksessä ei ole yleensä mielekästä.

Rakennusalan toimialan haastatellut yritykset olivat soveltaneet VR/AR:ää esimerkiksi alan opetuksessa, koulutuksessa ja suunnittelussa. Näiden teknologioiden hyödyntäminen auttaa vaativan rakennusprojektin eri vaiheiden suunnittelussa visualisoimalla vaiheet tai vaihtoehdot. Tätä voidaan käyttää helpottamaan niin yhteistyökumppanien kuin asiakkaiden kanssa tehtävää yhteistyötä. Rakennuksen suunnittelua voidaan toteuttaa myös samanaikaisesti eri puolilta maailmaa. Sovellukset mahdollistavat tunnistaa etukäteen

mahdollisia virheitä rakennusprosessissa. Voidaan harjoitella vaativia rakentamistilanteita etukäteen ja tällä tavalla lisätä turvallisuutta ja tehokkuutta työmailla. Koneiden ja robottien etäkäyttö tulee paremmin mahdolliseksi uusien VR/AR-teknologioiden avulla.

Kaupan toimialan haastatellut yritykset olivat varsin niukasti käyttäneet VR/AR:n sovelluksia. Erityisesti mainittiin käyttömahdollisuudet asiakaspalvelussa, henkilöstön koulutuksessa ja asiakaskäyttäytymisen arvioinnissa. Kansainvälisesti alan sovellukset ovat kasvaneet huimasti viime vuosina. Mahdolliset asiakkaat voivat tutustua tuotteisiin etukäteen näkemällä ne digitaalisesti kolmiulotteisina lisätyn todellisuuden avulla. Asiakas voi muokata tuotteen ulkonäköä lisäämällä siihen elementtejä ennen ostopäätöksen tekemistä. Lisätyn todellisuuden elementtejä voidaan käyttää osana tuotteiden mainontaa tai niiden käyttöä ja lisätä tällä tavoin uskollisuutta kyseistä tuotetta kohtaan. On mahdollista kulkea kolmiulotteisessa virtuaalikaupassa ja tehdä siellä ostoksia valitsemalla ja poimimalla tuotteita kuten fyysisessä kaupassa. Jo hankittuihin tuotteisiin voidaan AR:n avulla lisätä käyttöohjeita tai vinkkejä niiden erilaisista mahdollisuuksista.

Terveydenhoitoalan toimialan haastatellut yritykset kokivat VR/AR-teknologioita edelleen hieman liian vähän kehittyneinä, jotta niille olisi oleellista käyttöä niiden ydinosaamisalueella. Hyödyllisen sovelluksen käyttöönotto on mahdollista, mikäli tämä investointi on taloudellisesti järkevää. Kansainvälisesti ovat yleisiä virtuaaliset simulaatiot, joilla voidaan harjoitella terveydenhoitotilanteita onnettomuuksissa tai leikkaustilanteita eri olosuhteissa. Lääkkeiden vaikutuksia ihmiskehoon voidaan esittää VR/AR-sovellusten avulla sekä sairauksien leviämistä, esimerkiksi koskien koronavirusta. Sovellukset mahdollistavat mennä virtuaalisesti ihmiskehon ja elinten sisälle, tarvittaessa molekyylitasolle asti. VR/AR-sovelluksia on käytetty esimerkiksi pelkotilojen käsittelyyn ja hoitoon.

Rahoitussektorin toimialan haastatellut yritykset eivät olleet vielä käyttäneet VR/AR-teknologioita toiminnassaan. Kiinnostusta käyttöön olisi, mikäli löytyisi sopiva sovellus. Kansainvälisesti on jo esimerkkejä, joissa rahoitussektoria koskeva datan kolmiulotteisella visualisoinnilla ymmärrys monimutkaisista vuorovaikutteisista rahoitukseen liittyvistä prosesseista kasvaa. Tämän voi esittää tehokkaammin asiakkaille. Holografiset työasemat ovat yksi keino tähän.

Koulutuksen toimialan haastatellut yritykset ovat hyödyntäneet monin tavoin VR/AR:ää ydinosaamisensa alueella eli opetuksessa ja koulutuksessa. Monia aiemmin fyysistä liikkumista ja esineitä vaativia toimintoja on viety virtuaalitilaan, jossa koulutus tapahtuu. Kiinnostus näiden teknologioiden laajempaa hyödyntämiseen on kasvavaa, varsinkin koronapandemian tuomien kokoontumisrajoitusten vuoksi. Myönteisinä vaikutuksina nähdään, että etäkoulutukset ja -kokoukset vähentävät matkustuskuluja, säästävät työntekijöiden aikaa sekä pienentävät ilmastovaikutuksia, kun matkustaminen vähenee. Alalla kehityt hankkeet osoittavat miten virtuaaliympäristön voi ottaa laajasti käyttöön luokkamuotoisen koulutuksen korvaajana.

Ravintola-alan toimialan haastatelluilla yrityksillä ei ollut vielä VR/AR:n käyttöä osittain johtuen siitä, että ne eivät olleet vielä löytäneet sopivaa aihetta tai aihetta työstävää palveluntarjoajaa. Kansainvälisesti on tämän teknologian käyttö jo yleistynyt monien ravintoloiden ja kahviloiden arkipäiväisissä toimissa. Kuten muillakin sektoreilla, työntekijöitä voidaan kouluttaa tämän avulla eri toiminnoissa tai asiakaspalvelussa. Ruokalistoja tai saatavilla olevia tuotteita voidaan esittää AR-sovellusten avulla helpottamaan valintaa etukäteen tai tuotteisiin voidaan liittää kuvia, tarinoita, tietoa niiden ravintoarvoista ja muita elementtejä, jotka tekevät ne houkuttelevammaksi. Niihin voi tutustua tarkemmin vaikka odotellessa tilauksen saapumista tai tarjota AR-pelejä, joita voi käyttää älypuhelimen avulla. Voidaan myös tutustua virtuaalisesti tuotteen, kuten hampurilaisen valmistusprosessiin raaka-aineiden valmistamisesta lopputuotteeseen asti. VR/AR-teknologioiden avulla pyritään tukemaan ja vahvistamaan asiakkaiden saamia kokemuksia. Yksi mahdollisuus

on tarjota visuaalinen elämys muokkaamaalla AR:n avulla ympäristöä sellaiseksi mitä kukin asiakas käytön hetkellä haluaa.

Matkailun toimialan haastatellut yritykset olivat vasta niukasti hyödyntäneet VR/AR:n käyttöä. Osalla yrityksistä tätä oli hyödynnetty matkakohteiden mainonnassa. Digitaalisuus ja VR ovat entistä vahvemmin läsnä matkailualalla. Kansainvälisesti ovat yleisiä VR/AR-sovellukset, joita voidaan käyttää niin matkakohteissa kuin ennen matkaa tai matkan jälkeen. Ennen matkaa matkanjärjestäjät voivat kertoa kohteistaan ja markkinoida niitä visuaalisesti mielenkiintoisemmin AR-teknologian avulla tai matkaa harkitseva pääsee tutustumaan kohteeseen virtuaalisessa ympäristössä. Tavallisia ovat 360VR-sovellusten avulla tehdyt visuaaliset kuvaukset matkakohteen aidosta ympäristöstä. Matkailija voi saada lisätietoa hotellista, paikkakunnasta tai matkakohteesta AR-teknologian avulla omaan älypuhelimeen. Matkailija voi saada viestejä (mainoksia tai tietoa), kun hän liikkuu määrättyjen kohteiden (esimerkiksi museot, ravintolat, kaupat jne.) lähistöllä hyödyntämällä ns. majakkateknologiaa (beacon). Digitaalinen teknologia mahdollistaa tarkan tutustumisen kohteiden yksityiskohtiin. On mahdollista toteuttaa matka pelkästään virtuaalisessa ympäristössä. Nämä matkat voivat olla ainoa vaihtoehto henkilöille, joiden fyysinen matkustaminen on mahdotonta iän, terveyden tai muun seikan vuoksi. Teknologian ja aineistojen myötä voidaan tehdä matkoja menneisyyteen eli halutuille historiallisille ajanjaksoille vaikkapa kaupungissa. On virtuaalisia matkoja matkavälineillä kuten tätä varten rakennettuja lentokoneita tai junavaunuja palveluineen. Matkatoimistoja voidaan siirtää virtuaalitilaan ja tehdä tässä yhteydessä matkan suunnittelusta ja varaamisesta miellyttävä kokemus, joka liittyy kiinteästi matkaan. Virtuaalisesti tai fyysisesti toteutetun matkan jälkeen voidaan vierailla halutuissa kohteissa uudestaan virtuaalisessa ympäristössä ja kerrata jo nähtyjä asioita tai tutustua uusiin yksityiskohtiin. Ennen koronapandemiaa ei virtuaalimatkoja pidetty realistisina vaihtoehtoina fyysiselle matkustamiselle, mutta koronapandemian myötä matkat mielenkiintoisiin matkakohteisiin pelkästään virtuaalisessa ympäristössä ovat saaneet lisää suosiota.

Viihteen toimialan haastatelluista yrityksistä osa oli hyödyntänyt VR/AR:ää toiminnoissaan ja osalla se oli suunnitteilla. Erilaisten virtuaalitapahtumien järjestäminen ja niihin liittyvät palvelut olivat yleistyneet voimakkaasti koronapandemian liikkumis- ja kokoontumisrajoitusten vuoksi. Näitä käytetään runsaasti niin Suomessa kuin ulkomailla sekä täysin virtuaalisina että hybridimuotoina, joissa on sekä fyysinen että virtuaalinen ulottuvuus. Osa näistä palveluista jää käyttöön, vaikka pandemiarajoitukset poistuisivatkin. VR/AR-sovellukset ovat kehittyneet alun perin nimenomaan viihteellisiin tarkoituksiin, joten näiden käyttötarkoitusten luettelointi tässä yhteydessä on mahdotonta. Merkittävänä kehittyvänä teemana ovat yksittäiselle kuluttajalle tarkoin räätälöidyt palvelut ja mahdollisuudet VR/AR-sovellusten avulla sekä yhteisöllisyyden intensiivinen kokeminen suurissa VR-tapahtumissa.

4.2. XR:n käyttö ja kysyntä suomalaisissa yrityksissä vuoden 2021 alussa

Laajennettu todellisuus XR (extended reality) on osa teknologian kehittymisen myötä laajenevaa todellisuutta (ER, expanding reality). Tämä todellisuus käsittää toisiinsa yhdistettyjä elementtejä fyysisestä todellisuudesta, lisätystä todellisuudesta ja virtuaalisesta todellisuudesta. Fyysinen materiaalinen ympäristö, ihmiset kehoineen ja aisteineen ja digitaalisesti tehostettu todellisuus sekoittuvat vuorovaikutuksellisesti toisiinsa. Käyttäjä pystyy toimimaan materiaalisessa ympäristössä, johon on lisätty digitaalisia elementtejä, joita hän pystyy käyttämään aivan kuin ne olisivat osa tavallista materiaalista ympäristöä. Integroidut digitaaliset elementit voivat muokata käyttäjän kokemusta materiaalisesta ympäristöstä käyttäjän kehoon kytkettyjen laitteiden (virtuaalilasit, -päähineet, -käsineet jne.) avulla. Tällöin syntyy intensiivinen immersiivinen kokemustila, joka on enemmän kuin pelkkä fyysiseen, lisättyyn tai virtuaaliseen todellisuuteen liittyvä kokemus.

Yleispiirteenä voidaan todeta, että XR:n käyttö suomalaisten yritysten liiketoiminnassa tai kehittämisessä oli vähäistä vuoden 2021 alussa. Haastateltujen yritysten perusteella sitä ei ole myöskään vielä juurikaan hyödynnetty innovaatiotoiminnassa eli synnyttämään innovaatioita tai kehittämään niitä. XR:n soveltaminen on vielä kokeiluasteella. Monet yritykset pitävät sitä teknologiana, joka on vasta lähitulevaisuudessa murtautumassa laajempaan käyttöön. Osa yrityksistä ja järjestöistä tunnisti, että XR tulee yritysten toimintaan. XR on edelleen monille yrityksille mahdollinen lähitulevaisuuden ilmiö koskien niiden toimintaa. Osa yrityksistä katsoi, että teknologia ei ole vielä kehittynyt riittävästi. Toisaalta pidettiin oleellisena, että kun XR otetaan yritystoiminnan osaksi, niin sillä tulee olla konkreettinen kohde, tavoitteet ja tulokset. XR ei ole teknologia, jota yritykset alkavat soveltaa huvin vuoksi, vaan sillä tulee olla selkeää yritystoimintaa hyödyttävää käyttöä. Kiinnostus XR:n soveltamiseen on kasvamassa. Samalla on todettava, että XR-, AR- ja VR-teknologioiden välillä ei aina ole selkeitä rajoja, eivätkä yritykset välttämättä määrittele tarkkaan, onko heidän käyttämänsä teknologia juuri XR:ää vai muita VR:n ja AR:n sovelluksia yhdistetyn todellisuuden (mixed reality, MR) periaatteiden mukaisesti. Yritykset tunnistivat, että XR on enemmän kuin pelkkä VR tai AR tai niiden yhdistelmä. Haastateltujen eri toimialojen yritysten ulkopuolelle jäi yrityksiä, jotka ovat hyödyntäneet XR:ää toiminnoissaan, mutta tässä raportissa olikin tavoite antaa yleiskuva XR:n käytöstä toimialojen erikokoisissa yrityksissä, eikä keskittyä niihin yrityksiin, jotka olisivat teknologian käytössä merkittävästi muita edistyneempiä. Suomen ulkopuolelta löytyy enemmän esimerkkejä siitä, miten XR:ää on käytetty eri toimialoilla, mutta näitä esimerkkejä ei käsitellä tässä raportissa.

Maatalouden toimialan haastatelluista yrityksistä osa mainitsi, että XR ei ole ollut vielä käytössä, koska yritykset eivät ole tunnistaneet miten XR voisi suoraan liittyvä yrityksen toimintaan. Yhdessä alan yrityksessä on pohdittu XR:n soveltamista neuvontatoimintaan.

Kalatalouden toimialan haastatelluista yrityksistä yksikään ei maininnut XR:n käyttöä yrityksessä, eikä sitä pidetty ainakaan vielä ajankohtaisena. Alan järjestö nosti esille mahdollisuuden hyödyntää XR:ää tuotantoympäristöjen esittelyssä ja näihin liittyvissä harjoituksissa.

Metsä- ja paperiteollisuuden toimialojen haastatelluista yrityksistä osa näki XR:n mielenkiintoisena aiheena, mutta ei nähty vielä sen suoria hyötyjä yritystoiminnalle. Kiinnostusta kuitenkin oli ratkaisuihin, jotka olisivat kaupallisesti toimivia. Kiinnostus oli suurinta kansainvälisimmissä isoissa yrityksissä, joilla oli jo kokemusta virtuaalitodellisuuden sovellusten käytöstä. Yksinkertaisempaa mekaanista työtä tekevissä yrityksissä ei nähty XR:n mielekkyyttä toiminnalle.

Kaivosteollisuuden toimialojen haastatelluista yrityksistä osa oli kiinnostunut XR:n mahdollisuuksista ja osassa yrityksiä oli jo mietitty tarkemmin mihin XR soveltuisi liiketoimintaprosessin eri vaiheissa. XR-teknologia voisi soveltua esimerkiksi kaivosteknologian koulutukseen ja simulointiin sekä täsmällisiin tuotekehitysprosesseihin.

Metalli- ja koneteollisuuden toimialojen haastateltujen yritysten näkökulmat jakaantuivat XR:n käytön suhteen. Perinteisempää metalliteollisuutta edustavissa yrityksissä ei nähty XR:n tuovan lisähyötyä. XR:n tukema tuote voisi toimia vain, jos se olisi tarpeeksi kustannustehokas ja tulisi johonkin ennalta määriteltyyn tarpeeseen. Toisaalta pitemmälle erikoistuneissa koneteollisuuden yrityksissä XR on jo käytössä ja sille nähdään monenlaisia käyttömahdollisuuksia, eikä välttämättä juuri innovaatiotoiminnassa. XR:ää on hyödynnetty muun muassa prototyyppien kehittelyssä ja koneiden kunnossapitoon liittyvissä tehtävissä. Osa yrityksistä oli sitä mieltä, että XR tulee olemaan teknologia, johon laajemmin siirrytään lähitulevaisuudessa. Tähän uskotaan kuitenkin kuluvan vielä muutamia vuosia.

Energian toimialan haastatellut yritykset soveltavat jo XR:ää muun muassa latteiden ja suurempien laitekokonaisuuksien kuten tehtaiden ylläpidossa. Kiinnostusta on laajentaa tätä enemmänkin näillä aloilla ja kytkeä XR myös innovaatioprosesseihin.

Liikenteen ja logistiikan toimialojen haastatellut yritykset olivat XR:n suhteen vielä odottavalla kannalla. XR:n käyttöä oli pohdittu, vaikkapa osana liikenteen reittiopasteita, mutta odotetaan pikemminkin kysynnän ilmenemistä ja sitten siihen vastaamista.

Teknologian toimialan haastatellut yritykset eivät itse olleet juuri käyttäneet XR:ää omassa toiminnassaan, muutoin kuin mahdollisesti kehittämällä tähän liittyvää toimintaa. Samalla on kasvanut tarve ottaa XR käyttöön yrityksen omassa kehitysprosessissa.

Rakennusalan toimialan haastatellut yritykset eivät juurikaan olleet vielä käyttäneet XR:ää, mutta olivat pohtineet millä tavoin sitä voitaisiin hyödyntää esimerkiksi kaupunkisuunnittelussa tai rakennusten suunnittelussa sekä näiden suunnitteluprosessien opettamisessa. Myös alan järjestö nosti esille mahdollisuuden käyttää XR:ää suunnitteluyrityksissä ja rakennusosien valmistajayrityksissä.

Kaupan toimialan haastatellut yritykset osoittivat kiinnostusta XR:n hyödyntämistä kohtaan. Toisaalta yksi haastateltu yritys mainitsi, että nykyiset XR-sovellukset eivät ole teknologisesti ja sisällöltään vielä riittävän kehittyneitä.

Terveydenhoitoalan toimialan haastatellut yritykset näkivät, että nykyiset XR-sovellukset eivät ole teknologisesti riittävän kehittyneitä. Tällä hetkellä vaikuttaa siltä, että sovelluksen käyttöä voidaan miettiä muutaman vuoden päästä. Toisaalta jos olisi olemassa jo joku hyödyllinen sovellus, niin sen käyttöä voitaisiin harkita. XR on myöskin investointikysymys. Kansainvälisesti on jo esimerkkejä siitä, miten terveydenhoitoalan palveluja voidaan toteuttaa etäsovelluksin XR-teknologian avulla. Periaatteessa myös vaativampia toimenpiteitä, kuten leikkauksia voitaisiin toteuttaa XR-teknologian ja robottien avulla.

Rahoitussektorin toimialan haastatellut yritykset eivät olleet vielä tunnistaneet XR-teknologioiden käyttöä toimialallaan, mutta olivat periaatteessa kiinnostuneita tästä. Kansainvälisesti on jo käytössä sovelluksia, jotka on tarkoitettu juuri rahoitussektorin käyttöön. Dataa on mahdollista tarkastella, siirtää ja yhdistellä kolmiulotteisesti niin, että jokainen sovellusta pystyy näkemään sen samanaikaisesti joko samanlaisena tai tarkastelemaan ja yhdistelemään sitä muista näkökulmista.

Koulutuksen toimialan haastatellut yritykset ovat hyödyntäneet monin tavoin virtuaalitodellisuutta ja siihen liittyviä teknologisia sovelluksia. Toisaalta yritykset eivät maininneet yksityiskohtien liittyen juuri XR:n käyttöön. Alan järjestö totesi, että XR voi avata mahdollisuuksia esimerkiksi koulutusviennissä. Tähän voisi liittyä esimerkiksi mahdollisuus antaa Suomesta koulutusta ulkomaalaisille opiskelijoille ilman, että opiskelijoiden tulisi fyysisesti olla Suomessa. Laajennettu todellisuus voisi mahdollistaa nykyisiä verkko-opetusalustoja paremman vuorovaikutuksen.

Ravintola-alan toimialan haastatellut yritykset eivät olleet hyödyntäneet XR:n käyttöä, eivätkä olleet vielä tunnistaneet sopivaa palveluntarjoajaa.

Matkailun toimialan haastatellut yritykset eivät olleet hyödyntäneet XR:n käyttöä, mutta olivat kiinnostuneita palvelusta. Fyysisen matkailun rajoitusten myötä voi immersiivisemmän kokemuksen tarjoava XR jäädä ainoaksi vaihtoehdoksi tutustua moniin kohteisiin maapallolla.

Viihteen toimialan haastatellut yritykset osoittivat merkittävää kiinnostusta XR:n hyödyntämiseen. Osa yrityksistä esitti, että XR tulee olemaan merkittävä osa alan toimintaa. Samalla yritykset etsivät hyödyntämismahdollisuuksia ja tähän soveltuvia XR:n työkaluja. Kuten VR/AR-sovellusten kohdalla, XR:n käyttö tulee yleistymään nopeimmin juuri viihteeseen liittyen. Fyysisen ja digitaalisen/virtuaalisen kokemuksen sekoittuminen tulee lisääntymään teknologian kehittymisen myötä, jolloin XR voi tulla kiinteäksi osaksi koskien monia viihteellisiä kokemuksia mentäessä 2020-luvun loppupuolelle.

4.3. Koronapandemian vaikutukset yritysten innovaatiotoimintaan

Maaliskuussa 2020 valtioneuvosto asetti rajoituksia suomalaisten liikkumiseen ja kokoontumiseen koronapandemian leviämisen estämiseksi. Tämän seurauksena monissa yrityksissä siirryttiin etätyöskentelyyn. Se merkitsi monien rutiinien muutosta. Esimerkiksi yleensä kasvokkain pidetyt viralliset ja epäviralliset tapaamiset oli siirrettävä tapahtumaan joko puhelimitse tai internetin välityksellä. Zoom-, MS Teams-, Google Meet- ja Skype-kokousten määrä kasvoi huimasti. Haastatelluista eri toimialojen 51 yrityksestä vain kahdessa ei ollut otettu käyttöön ainakin osittaista etätyöskentelyä eli 98% yrityksistä käyttivät etätyöskentelyä.

Haastatelluista yrityksistä hieman yli puolet (53%) arvioi, että etätyöskentely on vaikuttanut kielteisesti yrityksen innovaatiotoimintaan, kolmasosa (34%) arvioi että sillä ei ole ollut vaikutusta ja joka kuudes (13%) ilmoitti, että etätyöskentelyyn siirtymineen oli lisännyt innovointia yrityksessä. Toisaalta haastatelluista yrityksistä peräti kolme neljästä (74%) oli saanut aikaan jonkin innovaation, joka liittyi koronapandemian kontekstiin (22% ei ollut saanut, 4% ei osannut sanoa). Tämä osoittaa yritysten nopeaa kykyä reagoida muuttuneeseen tilanteeseen. Yritykset, joissa ei ollut innovaatioita liittyen koronapandemian tilanteeseen olivat toisaalta sellaisia, jotka olivat omalla alallaan merkittäviä toimijoita, ja niiden lopputuotteilla tai palveluilla oli joka tapauksessa vankka kysyntä. Toisaalta oli myös pienempiä yrityksiä, joissa tehtiin varsin yksinkertaisia perustehtäviä, joihin koronapandemia ei sinänsä ollut vaikuttanut lainkaan.

Koronapandemiaan liittyvät innovaatiot (maaliskuun ja joulukuun 2020 aikana) yrityksissä olivat toisaalta liittyneet yrityksen sisäiseen organisoitumiseen, toisaalta suhteessa asiakkaisiin ja markkinoihin. Myönteisiä vaikutuksia yrityksille oli syntynyt uudesta kontekstista, joka on pakottanut yrityksiä miettimään toimintaansa, tuotteita ja palveluja uudella tavalla. Tämän seurauksena yritykset ja niiden toiminta olivat uudistuneet aina lopputuotteisiin asti. Pakon sanelemana monet yritykset olivat tehneet merkittävän digiloikan. Esimerkiksi ne olivat korvanneet monenlaisia aiemmin kasvokkain toteutettuna kokous- ja neuvottelutilaisuuksia digitaalisten välineiden avulla. Monet yrityksistä olivat huomanneet, että näin säästetään merkittävästi aikaa ja rahaa, koska matkustamiseen tai paikasta toiseen siirtymiseen ei käytetä enää yrityksen kannalta oleellisia resursseja. Globaalien liikkumisrajoitusten takia asiakkaisiin ja yhteistyökumppaneihin oli helpompi saada yhteys etäyhteyteen soveltuvien teknologisten välineiden avulla. Osa yrityksistä oli huomannut, miten niiden kansainvälinen toiminta ja yhteydet olivat lisääntyneet oleellisesti koronapandemian aikana. Osa mainitsi oman toimintansa nopeutuneen ja tehostuneen, koska pitkät palaverit olivat vähentyneet. Työntekijät pystyivät keskittymään tehtäviinsä paremmin. Oli syntynyt luottamuksen kulttuuri, jossa huomattiin että työt saadaan tehtyä, vaikka ei tiedettäisi missä jokainen työntekijä on ja mitä hän kulloinkin täsmällisesti tekee. Samalla monet yritykset ovat tehneet sisäisiä järjestelyjä ja organisaatiouudistuksia, koska markkinat ovat muuttuneet tai on pitänyt järjestää tuotteiden ja palvelujen tarjonta asiakkaille uudella tavalla. Osalle yrityksiä tämä toi uusia markkinoita, toisille uusia tuotteita ja palveluja ja tehokkaampaa liiketoimintaa. Monet näistä uusista ratkaisuista liittyivät digitaalisiin etäyhteyksiin. Osa yrityksistä oli tuonut markkinoille tuotteita, jotka liittyivät suoraan koronaviruksen torjuntaan. Pandemia oli ulkoinen tekijä, joka pakotti monia yrityksiä miettimään toimintaansa uudella tavalla. Tässä kontekstissa joustavat ja innovatiiviset yritykset hyödynsivät tämän ulkopuolelta tulleen ”luovan tuhon” mahdollisuutenaan.

Useammat yyritykset mainitsivat koronapandemiasta aiheutuneita haittoja. Niitä olivat muun muassa työntekijöiden välisen viestinnän vähentyminen. Työntekijät eivät enää tavanneet satunnaisesti kasvokkain, jolloin oli vähemmän mahdollisuuksia uusien ideoiden heittelyyn vapaamuotoisissa kohtaamisissa. Spontaanit uudet ideat olivat vähentyneet oleellisesti. Hiljaisen tiedon siirtymisessä yrityksen sisällä koettiin olevan suurempia haasteita. Vaikka Teams mahdollisti keskustelut ja palaverit, niin monet yritykset pitivät sitä ja muita teknologisia kommunikaatiovälineitä jäykempinä ja valikoivampina keskustelualustoina

verrattuna luontaiseen kasvokkain tapahtuvaan vuorovaikutukseen. Monet yritykset kokivat, että innovaatioprosessit olivat tästä johtuen hidastuneet. Pandemiatilanteen pitempiaikaiset vaikutukset alkavat näkyä yrityksissä ja Suomessa vasta vuoden tai kahden viiveellä. Tällöin tulee ilmi, mitä vaikutuksia pandemiarajoituksiin liittyvillä muutoksilla on yrityksen kehitykseen ja niiden innovaatiotoimintaan niin yksittäisten yritysten kuin kokonaisten toimialojen näkökulmista.

5. Johtopäätökset

VR, AR ja XR teknologioina kehittyvät oleellisesti 2020-luvulla. Niiden sovellukset tulevat osaksi yritysten ja julkisen hallinnon toimintaa ja käyttö yleistyy niin töissä kuin vapaa-ajallakin. Alan globaalit markkinat kasvavat hyvin merkittävästi, ja alaan liittyvä vuosittainen liiketoiminta kasvaa kenties sadoilla miljardeilla euroilla nykyisestä reilun 10 miljardin euron markkinoista. Suomi on globaalien markkinoiden näkökulmasta pieni alue vähäisestä väestöstä johtuen – pienempi kuin kymmenet kaupungit eri puolilla maapalloa valtioista puhumattakaan. Toisaalta Suomen erityispiirteet, joista yhtenä tärkeänä suomen kieli, vaikuttavat siihen, että Suomessa on myös paikallista VR:n, AR:n ja XR:n kysyntää. Siihen voidaan parhaiten vastata tuotteilla ja palveluilla, jotka on kehitetty tai joita on muokattu Suomessa. Sen sijaan merkittävään liikevaihtoon pyrkivien yritysten markkinat sijaitsevat Suomen ulkopuolella ja usein globaalin kilpailun kontekstissa. Toisaalta suomalaiset VR:n, AR:n ja/tai XR:n kehittämiseen erikoituneet yritykset voivat löytää pienempiä ja kapeampia markkinoita eri puolilta maailmaa, mikäli tarjonta vastaa kysyntää. Yritykset eivät osaa kysyä oikeaa tuotetta tai palvelua, toisaalta teknologioiden kehittäjät eivät aina ulota tuotteitaan tai palveluja niihin nouseviin mahdollisuuksiin, joihin VR, AR ja XR tuovat lisäarvoa. Tarjonnan pitää ruokkia kysyntää nykyisessä vaiheessa, kun VR:n, AR:n ja XR:n kysyntä monissa yrityksissä ja julkishallinnossa on vielä vähäistä. Viihdekäyttöön tarkoitettu VR, AR ja XR säilyy suurimpana käyttötarkoituksena. Suhteellisesti tätä nopeammin kasvavat VR:n, AR:n ja XR:n sovellukset yrityksille ja julkishallinnolle, esimerkiksi tuotteiden markkinointiin ja terveydenhuollon palveluihin. Vuosien 2020–2021 pandemian seurauksena voidaan olettaa monenlaisten etätöihin, kokouksiin, oppimiseen, viihdetilaisuuksiin ja matkailuun liittyvien sovellusten kehittymistä nopeasti sekä määrällisesti että laadullisesti.

Suomessa on vuoden 2021 alussa arviolta noin 140 yritystä, joiden liiketoiminnassa tärkeässä osassa on VR, AR ja/tai XR – useimmin VR tai AR. Näistä yrityksissä 82 on sellaisia, joilla pääliiketoiminnot ovat muuta kuin VR, AR ja/tai XR. Näiden yritysten määrän voidaan arvioida kasvavan merkittävästi 2020-luvulla, sillä VR, AR ja/tai XR kietoutuvat osaksi yritysten ”tavallista” toimintaa. Osassa yrityksiä tämä tuo niiden pääliiketoimintaan merkittäviäkin sivuvirtoja. Tätä raporttia tehdessä tunnistimme Suomessa 58 yritystä, joiden ydintoimintana on VR, AR ja/tai XR sekä siihen liittyvien teknologioiden, tuotteiden ja/tai palvelujen kehittäminen. Näiden yritysten määrän voidaan arvioida kasvavan, kun monet ”tavalliset” yritykset ja suomalainen julkishallinto havahtuvat tilanteeseen, että VR-, AR- ja XR-sovellusten tulisi olla tärkeä osa niiden tarjoamia palveluja. VR-, AR- ja/tai XR- teknologioiden, tuotteiden ja/tai palvelujen kehittämiseen keskittyneistä yrityksistä noin puolet on hyvin pieniä, usein vain muutaman työntekijän yrityksiä, joiden liikevaihto on alle 100 000 euroa vuodessa. Yli miljoonan euron liikevaihtoon on päässyt 13 yritystä, ja useat näistä ovat globaalisti huomattuja omalla erityisalallaan. Näiden yritysten kasvun kannalta ovat globaalit markkinat olennaisia ja kehitys-, tuotanto- ja markkinointiprosessien kansainvälistäminen.

Todellisuus on laajentunut viime vuosikymmenten aikana ja se laajenee edelleen. Fyysinen materiaalinen todellisuus kietoutuu entistä tiiviimmin digitaalisesti lisättyyn, täydennettyyn, sekoitettuun ja laajennettuun todellisuuteen. VR, AR ja XR laajentavat ihmisten kokemusmaailmaa ja tulevat osaksi ihmisten toimintojen seurantaa, analysointia ja siihen vaikuttamista. Niinpä markkinavetoisella todellisuuden laajentamisella on myös kääntöpuolensa, joihin niin yksilöiden kuin yhteiskunnan ja lainsäädännön on kiinnitettävä huomiota. VR, AR ja XR voivat houkutella ihmisiä kuluttamaan enemmän, mutta niiden soveltaminen voi tukea myös kestävää kehitystä vähentämällä turhaa liikkuvuutta ja fyysisten tuotteiden tuotantoa ja käyttöä. Samalla kun VR, AR ja XR tulevat osaksi ihmisten arkipäivää, niistä tulee tärkeä osa koskien tiedon muodostumista ja uusien ideoiden syntyä ja innovaatioprosesseja. Suomalaisten VR, AR ja/tai XR-teknologioita kehittävien yritysten tulee löytää tuotteita ja palveluja, joilla VR, AR ja XR tulevat tehokkaammin osaksi suomalaisten yritysten innovointia.

Kirjallisuus

Berg, L. and Vance, J. (2019). Industry use of virtual reality in product design and manufacturing: a survey. Virtual Reality 21, 1–17.

Bonetti, F., Warnaby, G. and Quinn, L. (2018). Augmented Reality and Virtual Reality in physical and online retailing: A review, synthesis and research agenda. In Jung, T. and tom Dieck, M. (eds.). Augmented Reality and Virtual Reality. Empowering Human, Place and Business, 119–132. Springer, Berlin.

Business Finland (2021). Mixed Reality Solutions from Finland. https://www.businessfinland.fi/en/whats-new/news/2021/mixed-reality-solutions-from-finland-offering-available

Çöltekin, A., Lochhead, I., Madden, M., Christophe, S., Devaux, A., Pettit, C., Lock, O., Shukla, S., Herman, L., Zdenêk, S., Kubíĉek, P., Snopková, D., Bernardes, S. and Hedley, N. (2020). Extended reality in spatial sciences: A review of research challenges and future directions. International Journal of Geo-Information 9, 439.

Damiani, L., Demartini, M., Guizzi, G. and Tonelli, F. (2018). Augmented and Virtual reality applications in industrial systems: A qualitative review towards the industry 4.0 era. IFAC 51 (11), 624–630.

Dziallas, M. (2020). How to evaluate innovative ideas and concepts at the front-end?: A front-end perspective of the automotive innovation process. Journal of Business Research 110, 502–518.

El-Jarn, H. and Southern, G. (2020). Can co-creation in extended reality technologies facilitate the design process? Journal of Work-Applied Management 12 (2).

FiVR sekä Business Finland ja Neogames (2017). VR/AR Industry in Finland 2017. Tekes & FiVR, Helsinki.

Freedman, D. (2020). Facebook's plan to dominate Virtual Reality—and turn us into 'data cattle'. Newsweek 23 December 2020.

Gerup, J., Soerensen, C. and Dieckmann, P. (2020). Augmented Reality and Mixed Reality for healthcare education beyond surgery: An integrative review. International Journal of Medical Education 11: 1–18.

Grand View Research (2020). Virtual Reality Market Size, Share & Trends Analysis Report by Device (HMD, GTD), by Technology (Semi & Fully Immersive, Non-immersive), by Component, by Application, by Region, and Segment Forecasts, 2020–2027. https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/virtual-reality-vr-market

Hsieh, M. and Lee, J. (2018). Preliminary study of VR and AR applications in medical and healthcare education. Journal of Nursing and Health Studies 3 (1), 1–5.

Hung, S., Cheng, M., Hou, C. and Chen, N. (2020). Inclusion in global virtual teams: Exploring non-spatial proximity and knowledge sharing on innovation. Journal of Business Research (on-line first).

HXRC (2021). Helsinki XR Center. https://helsinkixrcenter.com/#about

Jauhiainen, Jussi S. (2020). Virtuaalialustat yritys- ja innovaatiotapahtumissa – SHIFT Suomessa lokakuussa 2020 VirBELA:n virtuaalialustalla. BIIDEA Reports 1.

Jauhiainen, Jussi S. (2021). Entrepreneurship and innovation events during the COVID-19 pandemic. The use of VirBELA virtual 3D platform at the SHIFT event in Finland. Manuscript.

Latva-aho, M. and Leppänen, K. (eds.) (2019). Key Drivers and Research Challenges for 6G Ubiquitous Wireless Intelligence. University of Oulu, Oulu.

Martinetti, A., Costa Marques, H., Singh, S. and van Dongen, L. (2019). Reflections on the limited pervasiveness of Augmented Reality in industrial sectors. Applied Science 9 (16), 3382.

Ong, S and Nee, A. (eds.) (2004). Virtual and Augmented Reality Applications in Manufacturing. Springer, London.

Palmarini, R., Erkoyuncy, J., Roy, R. and Torabmostaedi, H. (2018). A systematic review of Augmented Reality applications in maintenance. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 49 (February), 215–228.

Rejeb, A., Keogh, J.G., Wamba, S.F. et al. (2020). The potentials of augmented reality in supply chain management: a state-of-the-art review. Management Review Quarterly (on-line first).

Research and Markets (2020). Virtual Reality (VR) - Global Market Trajectory & Analytics. https://www.researchandmarkets.com/reports/3633908/virtual-reality-vr-global-market-trajectory

Sherman, W. and Craig, A. (2018). Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design. Morgan Kaufmann, Burlington, MA.

Statista (2021a). Forecast Augmented (AR) and Virtual Reality (VR) Market Size Worldwide from 2016 to 2024 (in Billion U.S. Dollars). https://www.statista.com/statistics/591181/global-augmented-virtual-reality-market-size/#statisticContainer

Statista (2021b). Augmented and Virtual Reality (AR/VR) Headset Shipments Worldwide from 2020 to 2025 (in Millions). https://www.statista.com/statistics/653390/worldwide-virtual-and-augmented-reality-headset-shipments/

Urbinati, A., Chiaroni, D., Chiesa, V. and Frattini, F. (2020). The role of digital technologies in open innovation processes: An exploratory multiple case study. R&D Management 50:1, 136–160.

Wagler, A. and Hanus, M. (2018). Comparing Virtual Reality tourism to real-life experience: Effects of presence and engagement on attitude and enjoyment. Communication Research Reports 35, 456–464.

Wolfartsberger, J. (2019). Analyzing the potential of Virtual Reality for engineering design review. Automation in Construction 104 (August), 27–37.

Yung, R. and Khoo-Lattimore, C. (2019). New realities: a systematic literature review on Virtual Reality and Augmented Reality in tourism research. Current Issues in Tourism 22 (17), 2056–2081.

Zhang, Hui (2018). Head-mounted display-based intuitive virtual reality training system for the mining industry. International Journal of Mining Science and Technology 27 (4), 717–722.

Liite 1. VR-, AR- ja XR-yritykset Suomessa. Näihin kuuluu 140 yritystä, joiden liiketoiminnassa on merkittävä VR-, AR- ja/tai XR-teknologia, -tuote tai -palvelu, mutta yrityksen päätehtävänä on usein jokin muu toiminta. Näiden joukossa on lihavoitu yritykset, joiden liiketoiminnassa VR-, AR- ja/tai XR-teknologian kehittäminen tai VR-, AR- ja/tai XR-tuote tai -palvelu on pääliiketoimintaa.

360Mediatalo Oy
3D Talo Finland
3DBear
3rd Eye Studios
ADE Oy
Alter
Anarky Labs
Arilyn
Ataverti
Augumenta
Avains
AXiiO
Barracuda Disaster
Basemark
Brighterwave
Caffeine Overdose
Citor3 Entertainment Studio
Clusterloop
Collaprime Oy
Critical Charm
CSE Simulation Oy
Ctrl Reality
Deeptale
Delicode
Delta Cygni Labs
Dispelix
Eligo.Studio
Elomatic
Etteplan MORE
Event Horizon Designs
Exerium
Fake / Glue
Finpeda
Finwe
Fitness Village
Flatfish Games
Flatlight
flyAR
Flycam
Futuremark Oy
Futurice
Fuusio Labs
Geotrim
Granity
Grib
Group Builder Oy
Happy Hobgoblin
Harha XR
Harhama Games
HipFire Games
HiQ
Hurja
Hypermemo
Iceflake Studios
Immersal
Innogiant
Insta
JJ - Net Group Oy
KollektiWe
Lumous Interactive
Lyfta
M.A.D.
Make Helsinki
Mantisbite
Mekiwi
Memorandum Unlimited
Mobiteos
Morrow Games
Nanocomp
Nordic XR Startups
OiOi
Optofidelity
Osgenic
Peili Vision
Pikseli Arcade
Pinovuo
Player Entertainment
Ponsse
Portaali
Practigame
Premode
Process Genius
Radical Rabbit
Rakka
Rakka
Reality Crisis
Refine Reality
Reform
Reski
Revulon
Rockodile Games
Sciar
SeeTrue Technologies Oy
Sense of Space
Shipyard Games
Siili Solutions
Sitowise
Skeleton Conductor
Sky High VR
Smile Audiovisual
SnowFall
Sofokus
Softability
Sovelto
Stereoscape
Superapp
Teatime Research
TechLemon
Thinglink
Ticca
Tietoa Finland Oy
Tietoevry
Tridify
Umbra
Unitc
Upknowledge
Uplause
Wakeone
Valakia
Valo Motion
Wapice
Varjo Technologies
Vast Reality

Versoteq 3D Solutions
VimAI
Vincit
Virtuaalikuvaus 360
Virtual Air Guitar
Virtual Circus
Virtual Dawn
Visual Components
Visumo Oy
Viversion
Vividworks
Voyant Pictures
VR Cinema
VR4Healthcare
VRETA
XR Marine
Zaibatsu Interactive
Zoan Oy