

# Syväväärennösteknologia ja generatiivinen tekoäly elokuvatuotannossa

TURUN YLIOPISTO  
Tietotekniikan laitos  
LuK-tutkielma  
Tietojenkäsittelytiede  
Kesäkuu 2025  
Pepe Unimäki

TURUN YLIOPISTO

Tietotekniikan laitos

PEPE UUNIMÄKI: Syväväärentästeknologia ja generatiivinen tekoäly elokuvatuotannossa

LuK-tutkielma, 33 s.

Tietojenkäsittelytiede

Kesäkuu 2025

---

Syväväärentäminen on neuroverkkoja hyödyntävä generatiivisen tekoälytuotannon muoto, jonka avulla voidaan luoda synteettistä sisältöä harjoitusaineiston pohjalta. Syväväärentämisen tavoitteena on luoda uskottavia ihmiskasvoja tai muokata olemassa olevia kasvoja esimerkiksi siirtämällä henkilön kasvot toisen henkilön kehoon. Elokuvatuotannossa tämä teknologia muistuttaa paljon digitaalisesti luotua tietokonegrafiikkaa ja käytännössä toteutettuja erikoistehosteita kuten pukuja.

Tämä tutkielma tarkastelee syväväärentämisteknologian ja generatiivisen tekoälyn vaikutuksia elokuvatuotannossa. Tutkielma toteutetaan kirjallisuuskatsauksena.

Tutkielmassa selviää syväväärentästeknologian tuomia taloudellisia etuja esimerkiksi kuvantuotannossa ja -käsittelyssä ja miten teknologiaa voidaan hyödyntää CGI-animaation ja käytännön erikoistehosteiden rinnalla. Tämän lisäksi selviää syväväärentästeknologian vaikutus elokuvaan tuotteena ja miten teknologia voi häiritä näyttelijöiden, ohjaajan tai käsikirjoittajien henkilökohtaisia tavoitteita. Lisäksi tarkastellaan, miten teknologia on nostanut eettisiä huolia esimerkiksi näyttelijöiden päätäntävällästä ja syrjinnästä.

Asiasanat: tekoäly, elokuvatuotanto, syväväärentäminen, visuaalinen media, generatiivinen tekoäly

# Sisällys

<b>1</b>	<b>Johdanto</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Syväväärentämisen teknologia</b>	<b>3</b>
2.1	Generatiivinen tekoäly ja syväväärentäminen . . . . .	3
2.1.1	Koneoppiminen . . . . .	4
2.1.2	Neuroverkot, syväoppiminen ja konvoluutioneuroverkot . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Syväväärentäminen ja tekoäly elokuvatuotannossa</b>	<b>11</b>
3.1	Tavoitteet ja hyödyt . . . . .	11
3.2	Suhde perinteisiin erikoistehosteisiin . . . . .	14
<b>4</b>	<b>Vaikutukset ja julkinen vastaanotto</b>	<b>17</b>
4.1	Esimerkkitapauksia . . . . .	17
4.2	Vaikutus tuotteen laatuun . . . . .	19
4.2.1	Kuluttajan viihtyvyys . . . . .	20
4.2.2	Luovan vision toteuttaminen ja immersio . . . . .	21
4.3	Eettinen tutkimus . . . . .	25
<b>5</b>	<b>Yhteenveto</b>	<b>30</b>
	<b>Lähdeluettelo</b>	<b>34</b>

# 1 Johdanto

Syväväärennösteknologia ja generatiivinen tekoäly ovat visuaalisen median tuotannossa yleistäviä ilmiöitä, joiden avulla yritetään luoda mahdollisimman uskottavia ja immersivisiä elokuvakokemuksia. Aiemmin elokuvien erikoistehosteet on toteutettu tietokonegrafiikalla eli CGI-animaatiolla tai käytännön erikoistehosteilla [1]. Tämän lisäksi generatiivista tekoälyä ja syväväärentämiseen käytettäviä tekoälymalleja voidaan hyödyntää elokuvatuotannossa myös kuvankäsittelyn ja teknologian käytettävyyden helpottamiseksi. Koska syväväärentäminen on generatiivisen tekoälyn alimuoto, kohdistuvat syväväärentämisestä tehdyt huomiot myös generatiiviseen tekoälyyn. Termejä ei tämän tutkielman kontekstissa erotella, ellei se ole tilannekohtaisesti olennaista.

Koska kyseessä on alati kehittyvä ja varsin nuori teknologian muoto, jota ei ole sovellettu laajasti, on olennaista tarkastella sen roolia ja vaikutusta luovien alojen kuten elokuvatuotannon alalla. Tällä tarkastelulla pyritään löytämään esimerkkejä sen tarpeellisuudesta, hyödyllisyydestä ja eettisten ongelmien ilmenemisestä. Tutkielmassa teknologian roolia tarkastellaan erityisesti tuotekehityksen näkökulmasta. Tämän lisäksi käsitellään, miten syväväärentäminen eroaa edeltävistä elokuvatuotannon työkaluista ja millaisia ongelmia sen käytössä voi ilmetä tuotteen laatua arvioitaessa. Tämän perusteella esitetään seuraavat tutkimuskysymykset:

**TK1:** Miten syväväärennöksiä ja generatiivista tekoälyä on hyödynnetty elokuvatuotannossa?

**TK2:** Millainen vaikutus tekoölyn ja syvävääreännösten käyttämisellä on elokuva- ja viihdealaan?

Koska aihe tarvitsee tuntemusta niin elokuvatuotannosta kuin syväväärentämisestäkin, lähteet on jaettu kahteen osioon, jotka käsittelevät elokuvatuotantoa ja tekoölyä. Elokuvatuotannon lähteinä käytettiin Volter -tietokannasta etsittyjä kirjoja ja pääasiallisiksi lähteiksi muodostuivat kirjat *Movie Stunts & Special Effects: A Comprehensive Guide to Planning and Execution* [2], *The Complete Film Production Handbook* [3] ja *The VES Handbook of Visual Effects : Industry Standard VFX Practices and Procedures* [4]. Lisäksi elokuvatuotannon puolta tarkasteltaessa yritettiin etsiä mahdollisimman paljon esimerkkejä elokuvista, jotka olivat hyödyntäneet syvävääreännösteknologiaa ja generatiivista tekoölyä tai ovat merkittäviä erikoistehosteidensa takia. Tämän lisäksi aineistoon sisällytettiin näiden elokuvien lisämateriaaleja, joissa teknologiaa käydään läpi, ja viihdemediasivustojen uutisia, jotka dokumentoivat tai käsittelevät julkista vastaanottoa tai elokuvan tekijöiden omia kokemuksia. Näistä elokuvista keskityttiin erityisesti *Alien: Romulus* [5] -elokuvaan ja elokuvasarjan edeltäviin osiin sen pitkän erikoistehostehistorian takia. Tekoölymalleja ja koneoppimista tutkittaessa lähteinä toimivat alan standardi *Artificial Intelligence A Modern Approach* [6] ja *Tekoölyn perusteita ja sovelluksia* [7].

Tutkimusaineistoa täydennettiin tutkimuksilla median ja syvävääreännösteknologian vuorovaikutuksesta ja käytön seurausten arvioinnista. Tutkimuksia haettiin Volter-, IEEE-, Springer Link- ja ScienceDirect -tietokannoista hakulauseilla: “*deepfake*” AND (“*film production*” OR “*movie production*”), “*deepfake*” AND *artificial intelligence* AND (“*movie production*” OR “*film production*”), “*deepfake*” AND (*CGI* OR “*computer generated imagery*”) ja *deepfake* AND *media*.

## 2 Syväväärentämisen teknologia

Syväväärentäminen (engl. *deepfake* tai *deep fake*) on synteettisen sisällön luomista syväoppimista (engl. *deep learning*) ja neuroverkkoja (engl. *neural networks*) hyödyntävien tekoälymenetelmien kautta [6]. Tämä teknologia on yksi generatiivisen tekoälyn muodoista. Tässä luvussa käydään läpi syväväärentämisen kannalta olennaiset menetelmät. Syväväärentäminen voi olla digitaalista kuvaa, ääntä tai videota, jota on muokattu tai luotu tarkoituksena imitoida ihmiskasvoja tai eleitä [8].

### 2.1 Generatiivinen tekoäly ja syväväärentäminen

Syväväärentämisen ja generatiivisen tekoälyn kannalta olennaista on koneoppivien tekoälyalgoritmien alustaminen aineiston kautta ja niiden kouluttaminen tiettyyn tarkoitukseen, kuten löytämään samankaltaisia piirteitä valokuvista. Tätä kautta algoritmi voi oppia tunnistamaan ja kartoittamaan esimerkiksi ihmiskasvojen mallin, jota se voi tämän jälkeen imitoida tai käyttää täysin uuden kuvan luomiseen [1], [9]. Ensimmäisenä määritellään, mitä tarkoittaa algoritmi ja tekoälyalgoritmi. Tämän jälkeen käsitellään koneoppimisen periaatteita ja selitetään generatiivisen tekoälyn osalta olennaiset käsitteet ohjaamaton oppiminen (engl. *unsupervised learning*) ja ohjattu oppiminen (engl. *supervised learning*). Viimeisenä perehdytään neuroverkkoihin ja syväoppimiseen, ja lopulta miten kumpaakin soveltamalla voidaan luoda konvoluutioneuroverkkoja (engl. *convolutional neural networks*). Tämän aihealueen osalta olennaisimmat termit ovat eteenpäin kytketty neuroverkko (engl. *feed-forward*

*neural network*), autokooderi (engl. *autoencoder*) ja generatiivinen kilpaileva verkosto (engl. *generative adversarial network*). Jokaista aihealuetta tutkitaan pääasiassa syväväärentämisen näkökulmasta.

### 2.1.1 Koneoppiminen

Algoritmi tarkoittaa tarkkaa muuttujien perusteella muovautuvaa matemaattisiin laskelmiin pohjautuvaa ohjesekvenssiä, joka määrittää miten ohjelmisto käsittelee syötteessä annetun tiedon ja antaa sen käsiteltynä ulostulosyötteenä [10]. Tekoälyalgoritmit opettavat konetta oppimaan itse tiettyjen matemaattisten funktioiden ja ohjesekvenssien avulla [7]. Seuraavana käydään läpi termit koneoppiminen, neuroverkot, konvoluutioneuroverkot, autoenkodaaja ja generatiiviset kilpailevat verkot.

Koneoppiminen on tekoälytutkimuksen osa-alue, joka perehtyy koneiden itsenäisen toiminnan opettamiseen [7]. Koneoppivan tekoälyalgoritmin kouluttamiseen vaaditaan aineisto [8]. Tämä aineisto voi tarpeen mukaan olla esimerkiksi kuvia, ääntä, videokuvaa, tekstiä tai ohjelmointikieltä. Esimerkki koneoppivasta algoritmista on sähköpostin roskapostisuodatin. Ohjelmisto oppii sille annetun aineiston pohjalta tunnistamaan roskaposteissa toistuvia sanoja, jolloin se luo eräänlaisen hypoteesin eli mallin niistä. Tulevaisuudessa se voi käyttää tätä mallia suodattaakseen sähköpostit, joissa esiintyy toistuvasti roskapostille ominaisia sanoja.

Koneoppimisen menetelmiä on useita, mutta tämän tutkielman kannalta keskeisiä ovat vain kaksi: ohjattu oppiminen ja ohjaamaton oppiminen. Kumpaakin voidaan hyödyntää generatiivisten tekoälyalgoritmien luomisessa, mutta tavallisesti kyseessä on ohjaamattomalla oppimisella koulutettu algoritmi [9]. Ohjattu oppiminen käsitellään kuitenkin termistön selventämiseksi ja koneoppimisen menetelmien hahmottamiseksi.

**Ohjattu oppiminen** tarkoittaa opetusmenetelmää, jossa koneelle annetaan erilaisia esimerkki- ja luokkapareja (engl. *class*) [6], [7]. Koulutusta varten luodaan esi-

merkkiaineisto, joka kehittää algoritmille mallin, jonka pohjalta se tarkastelee testiaineistoa [6], [7]. Nämä materiaalit ovat usein tarkkaan valittuja ja parien luomiseksi on ihmisen käytävä materiaali läpi ja leimattava (engl. *label*) jokainen esimerkkiaineiston esimerkki tiettyyn luokkaan. Esimerkiksi aiemmin mainitussa roskapostisuodattimessa sähköposti on aineisto. Ohjelma luokittelee sen laskelmien perusteella luokkaan ”roskaposti” tai ”ei roskapostia”. Testiaineiston avulla tarkastellaan, kuinka hyvin algoritmi on oppinut esimerkkiaineiston pohjalta. Ohjattua oppimista hyödynnetään luokittelua vaativissa tehtävissä (esim. uutisten jakaminen osioihin teeman mukaisesti).

**Ohjaamaton oppiminen** tarkoittaa opetusmenetelmää, jossa esimerkki- ja luokkaparien sijaan algoritmille annetaan ainoastaan esimerkkiaineisto [7]. Ohjaamaton oppiminen on ohjattua oppimista nopeampi ja helpompi toteuttaa, koska esimerkki- ja luokkaparien tekeminen on tarkka ja pitkäkestoinen prosessi [6]. Ohjaamattomassa oppimisessä tärkeintä on laaja esimerkkiaineisto, jonka on mahdollistanut internetin yleistynyt käyttö [1], [8], [9]. Esimerkkiaineistonsa pohjalta algoritmi oppii tunnistamaan esimerkiksi kuvissa toistuvia samankaltaisia piirteitä kuten kukan terälehtien kokoa ja lehden muotoa. Tämän tiedon perusteella algoritmi osaa jaotella samanlaisia piirteitä sisältävät aineistot omiin pieniin ryhmiinsä [6], [7]. Luokkia ei tarvita, koska kone oppii luomaan ne itse.

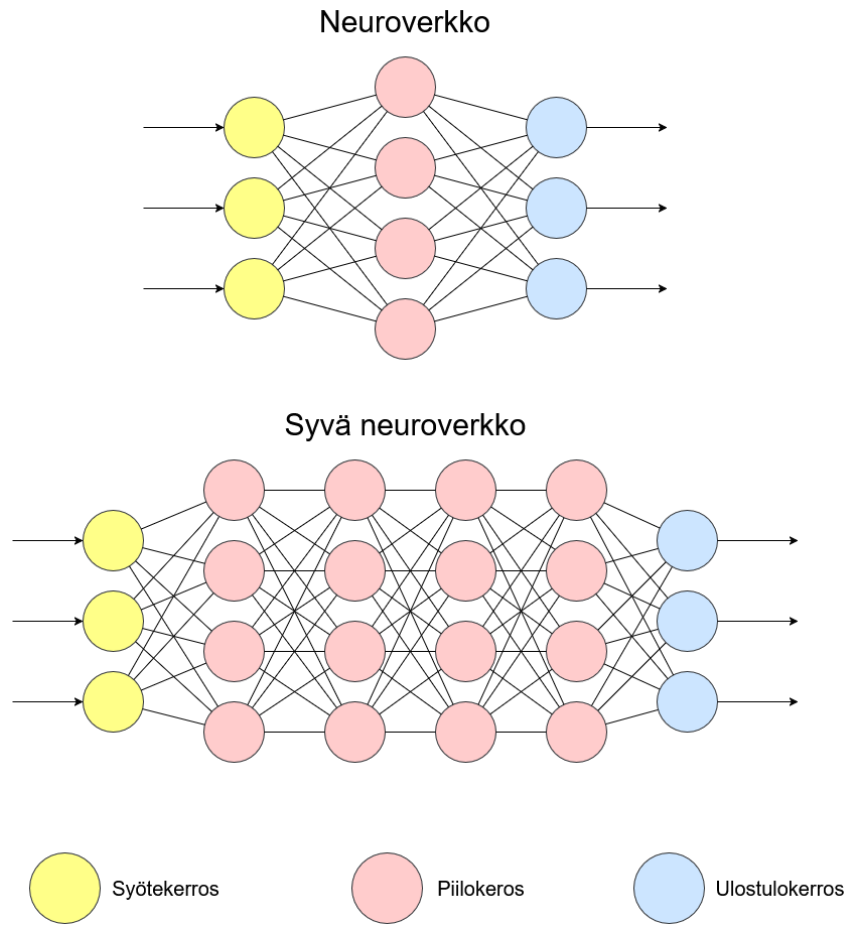
Voidakseen eritellä piirteitä, algoritmi käyttää matemaattisia funktioita ja piirrevektoreita. Piirrevektorit tunnistavat samankaltaisia piirteitä eri syötteissä ja jakavat nämä yhtenäisiin rykelmiin. Syväväärentämisessä ohjaamaton oppiminen on algoritmien pääasiallinen toteutusmuoto, koska algoritmin on käytävä läpi suuria määriä dataa uskottavan lopputuloksen luomiseksi. Sitä hyödynnetään erityisesti kasvonpiirteiden tunnistamisessa ja pohjustamisessa tai äänneiden ja sanojen tunnistamisessa [1].

### 2.1.2 Neuroverkot, syväoppiminen ja konvoluutioneuroverkot

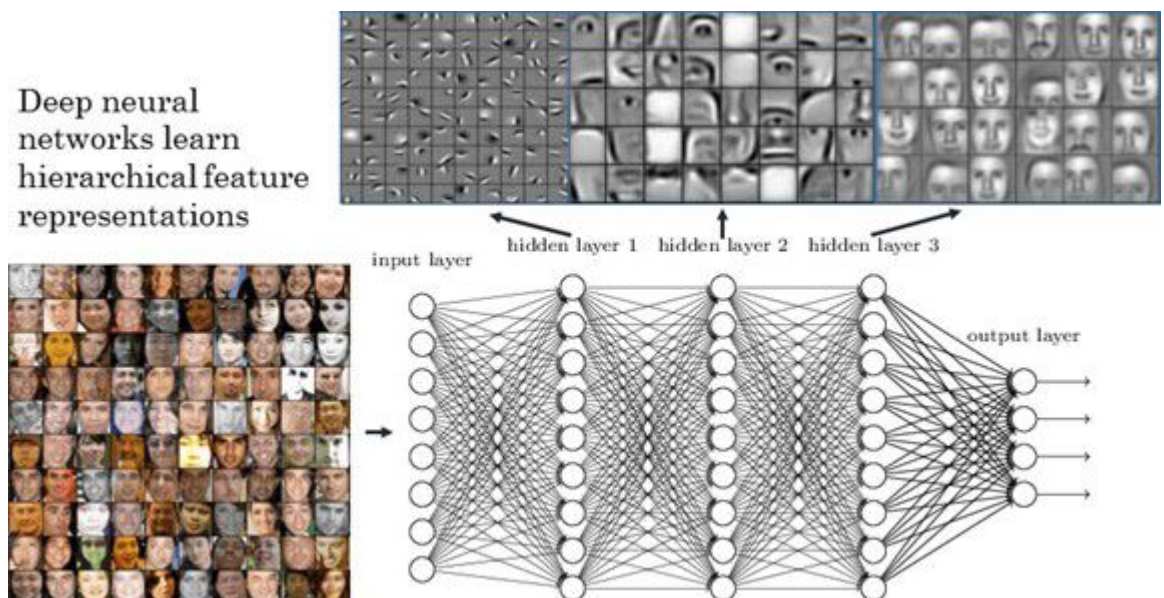
Neuroverkot ovat nimensä mukaisesti ihmisaivojen toimintaa imitoiva koneoppimisen malli. Sen toiminta perustuu toisiinsa kytkettyihin neuroneihin, jotka laskemallisten funktioiden kautta muokkaavat syötesignaalia. Syötekerroksen ja yhden neuronin luomaa kytkentää kutsutaan perseptroniksi ja se on yksinkertainen neuroverkko [6], [7]. Neuroverkko muodostuu usein kolmesta kerroksesta, jotka ovat syötekerros, piilokerros ja ulostulokerros. On useita tapoja kytkeä neuroverkkoja, mutta tavallisin on eteenpäin kytketty verkko. Eteenpäin kytketyssä neuroverkossa syötekerros on ensimmäinen ja se on kytketty jokaiseen piilokerroksen neuroniiin. Painotettujen funktioiden avulla syötteen signaali ohjataan eri neuroneihin. Piilokerroksen neuronit muokkaavat signaalia ja syöttävät funktion avulla muokatun signaalin ulostulokerrokselle. Ulostulokerroksia on yhtä monta kuin ennustettavia luokkia. Luokat voivat olla ohjatun oppimisen tai ohjaamattoman oppimisen kehittämiä [6].

Syväoppiminen on neuroverkkoja hyödyntävää koneoppimista, jonka tavoitteena on luoda monimutkaisia funktioita laskevia ohjelmia [6]. Kuvissa 2.1 ja 2.2 on mallinnettu visuaalisesti yksinkertainen neuroverkko ja syväoppiva neuroverkko. Yksinkertainen neuroverkko ei pysty laskemaan epälineaarisia funktioita, jotka mahdollistavat monimutkaisia toimintoja. Syväoppiva neuroverkko sisältää useampia piilokerroksia, joiden jokainen neuroni on kytketty edeltävän kerroksen neuroneihin. Tämä mahdollistaa myös epälineaaristen ongelmien laskemisen, kuten syväväärentämisen. Syväoppivista neuroverkoista aihealueelle olennaisia ovat eteenpäin kytketty konvoluutioverkko, autoenkoodaaja ja generatiiviset kilpailevat verkostot. Nämä kaikki hyödyntävät neuroverkkoja jollakin tavalla, mutta erityisesti generatiiviset kilpailevat verkostot mahdollistavat uskottavan syväväärentämisen.

Konvoluutioneuroverkko tai konvoluutioverkko on erityisesti kuvantunnistuksessa käytetty neuroverkon muoto, jonka toiminta pohjautuu konvoluutioon [6], [7].



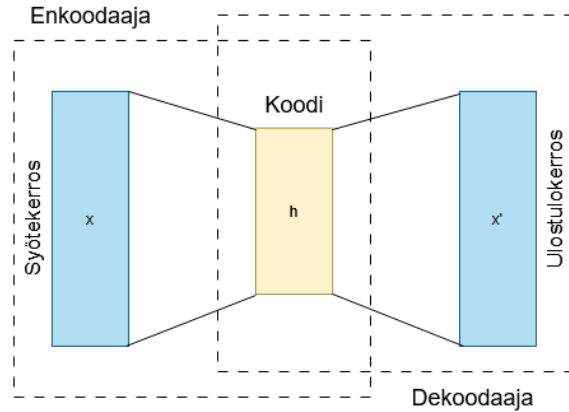
Kuva 2.1: Kuvaus eteenpäin kytketystä neuroverkosta ja syvästä neuroverkosta [6].



Kuva 2.2: Kuvaus syvästä neuroverkosta tunnistamassa kasvonpiirteitä [11].

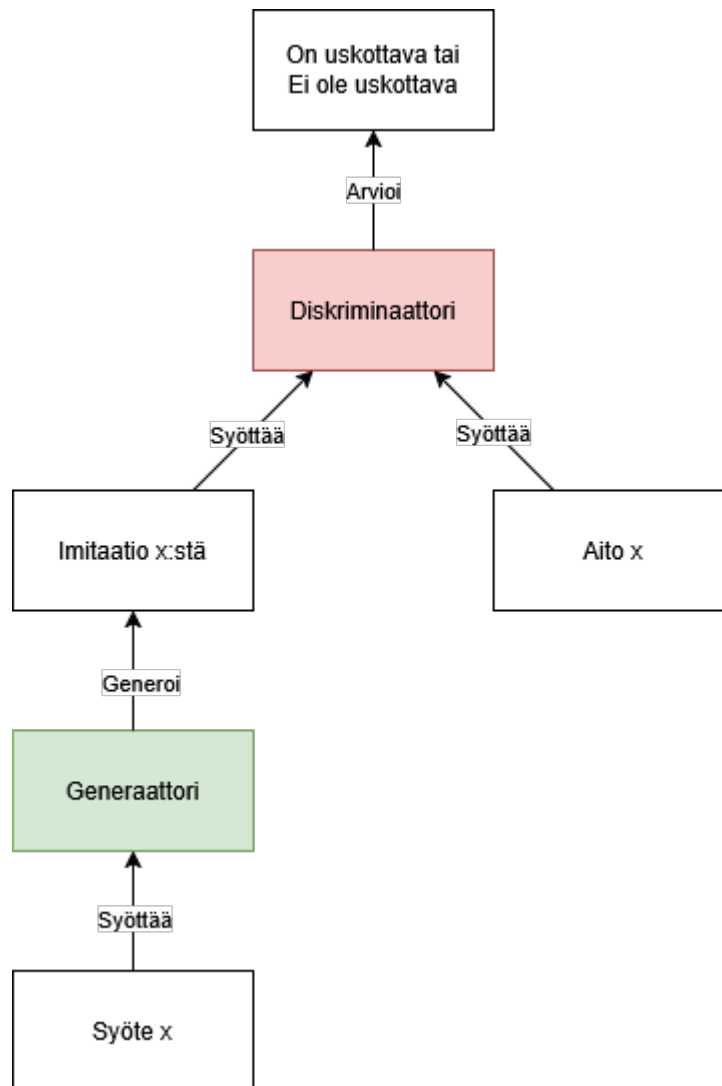
Konvoluutio on matemaattinen funktio, jonka avulla kuvan pikseleistä koostuvaa pohjaa voidaan eritellä osiin. Tämän avulla on helpompi tunnistaa pikseleiden asetumista kuvan muodostamiseksi. Kuvan pikseleillä on arvot, jotka määrittävät niiden sisällön tiheydellä. Esimerkiksi valkoinen ympyrä mustalla taustalla esiintyisi siten, että mustaa sisältävillä alueilla olisi alhaisemmat arvot, kun taas valkoista kuvaavilla korkeampi. Pikseleiden määrän takia kuvien tarkastelu tavallisessa syväoppivassa neuroverkossa olisi vaikeaa, koska syötteen ja tarkasteltavien piirteiden määrä loisi suuren määrän syötettä, jonka käsittely kuluttaisi paljon aikaa ja tehoa. Konvoluutioneuroverkossa jokaiseen neuroniiin on muodostettu suodatin, joka sisältää konvoluutiofunktion. Tämä funktio on matriisista koostuva alue, joka käy kuvasyötteen pikselit askeleittain läpi tunnistaaakseen tietyt muodot. Kasvojen tunnistuksessa nämä muodot voivat olla esimerkiksi nenä tai silmä. Luotuaan syötteen konvoluutiosuodattimen avulla, neuronien syötteen yhdistetään yhdeksi syötteen seuraavalle kerrokselle tai ulostulosyötteenä.

Autokooderi on ohjaamattomassa oppimisessa käytettävä neuroverkkomalli [6]. Se koostuu kahdesta osasta, jotka ovat enkoodaaja (engl. *encoder*) ja dekoodaaja (engl. *decoder*) kuten kuvassa 2.3 esitetään. Enkoodaaja toimii syötekerroksena. Se voi vastaanottaa mitä tahansa dataa syötteenä ja muuttaa sen koodiksi, jota ohjelma voi lukea. Syväväärentämisessä tämä syöte voi olla esimerkiksi video kasvojen ja kehon liikkeistä eri tilanteissa. Ohjelma oppii imitoimaan liikkeitä, jotka ilmaisevat tiettyjä tunteita tai synkronoimaan huulten liikkeitä syötettyihin ääniin. Kun data on muutettu koodiksi, se syötetään ulostulokerrokselle. Ulostulokerros kokoaa muokatun syötteen uudeksi, mutta alkuperäistä syötettä imitoivaksi tulosteeksi. Syötteenä voidaan antaa esimerkiksi video kohtauksesta, jonka näyttö sijaisnäyttelijä. Ulostulosyötteenä kohtaus on lähes sama, mutta sijaisnäyttelijän kasvot on korvattu päänäyttelijän kasvoilla.



Kuva 2.3: Kuvaus autokooderista [6].

Generatiivinen kilpaileva verkosto on tekoälymenetelmä, joka generoi aineistonsa pohjalta samankaltaista sisältöä [6], [7]. Kuvassa 2.4 on kuvitettu generatiivisen kilpailevan verkoston malli. Generatiivinen kilpaileva verkosto soveltaa ohjaamatonta oppimista siten, että kaksi verkostoa toimivat sisällön tuottajana ja sen arvostelijana. Generatiivinen kilpaileva verkosto koostuu pääasiassa kahdesta osasta: generaattorista (engl. *generator*) ja diskriminaattorista (engl. *discriminator*). Generaattori generoi aineiston pohjalta esimerkiksi imitaation kuvasta, äänestä tai videosta. Diskriminaattori puolestaan arvioi, kuinka uskottava ja laadukas generaattorin luoma imitaatio on. Verkostot kilpailevat keskenään, joten aina esimerkiksi generaattorin voittaessa, diskriminaattori oppii tarkastelemaan tuotettua dataa paremmin. Jos diskriminaattori voittaa, generaattori oppii generoimaan realistisempia lopputuloksia.



Kuva 2.4: Kuvaus generatiivisesta kilpailevasta verkostosta [6].

# 3 Syväväärentäminen ja tekoäly elokuvatuotannossa

Tekoälyn kehittyminen on taannut sen yleistymisen myös elokuvatuotannossa [12]. Syvävääreännökset eivät ole yhtä yleisiä kuin tavanomaiset tekoälytyökalut, jotka auttavat esimerkiksi kuvanmuokkauksessa tai äänieditoinnissa. Sen sijaan syvävääreännösten kehitys on herättänyt keskustelua siitä, miten kyseistä teknologiaa voidaan hyödyntää esimerkiksi erikoistehosteissa (engl. *special effects tai SFX*) tai näyttelijöiden suorituksen eheyttämisessä [13]. Tässä luvussa tarkastellaan, millaisia tavoitteita ja odotuksia syvävääreännösteknologialle on elokuvatuotannon parissa, mitä hyötyä teknologiasta voi olla ja mikä on syvävääreännöksien rooli muiden erikoistehosteiden, kuten digitaalisesti tuotetun grafiikan eli CGI:n (engl. *computer generated imagery*) ja käytännön erikoistehosteiden (engl. *practical effects*), rinnalla. Syvävääreännösten vähäisen esimerkkiaineiston takia CGI-animaatioista tehtyä tutkimusta ja vaikutusta elokuvatuotantoon käytetään vertaisaineistona.

## 3.1 Tavoitteet ja hyödyt

Syvävääreännöksien ja tekoälyn käytölle elokuvatuotannossa on useita syitä. Teoriassa syvävääreännökset voidaan nähdä jatkeena erikoistehosteiden kehitykselle tai tuotannon tehostamiselle [1], [9], [12]. Elokuvatuotannossa niiden pääsääntöinen tavoite on mahdollistaa tuote, jonka luoma todellisuus on uskottava ja katsojalle mie-

leinen. Aiemmin kyseistä tavoitetta ovat toteuttaneet käytännön erikoistehosteet, kuten puvut tai lavastus, mutta teknologian kehittyessä CGI-animaatio on myös vaikiintunut elokuvatuotannon pääasialliseksi työkaluksi. Elokuvat kuten *Alien – Kahdeksas Matkustaja* [14] ja *The Predator – Saalistaja* [15] ovat tunnettuja käytännön erikoistehosteistaan kuten puvuista, joissa näyttelijät esittävät elokuvan hirviöitä. Elokuvat kuten *Taru Sormusten Herrasta* -trilogia [16], [17], [18] tai *Apinoiden planeetta* [19] hyödyntävät puolestaan tietokonegrafiikkaa fantasiaelementtien henkiin herättämisessä, vaikka puvustuksen ja lavastuksen kanssa on hyödynnetty myös perinteisiä käytännön erikoistehosteita. Syvävääreennösteknologian hyötyjä verrattuna käytännön erikoistehosteisiin ja CGI-animaatioon ovat sen monipuolisuus ja realismi [20], [21].

Syvävääreennösteknologiaa voidaan käyttää elokuvatuotannossa niin tuotannossa kuin tuotteen muokkauksessa [12], [13], [20]. Erikoistehosteiden luominen ja videokuvan korjaaminen on pitkäkestoista ja vaatii paljon työvoimaa [3]. Monimutkaisia kohtauksia voidaan joutua kuvaamaan useita kertoja, mikä pitkittää tuotteen kehitystä, ja joskus virheet huomataan vasta tuotteen jälkikäsitelystä. Näissä tilanteissa tuotteen valmistuminen pitkittyy yhä enemmän, koska jälkikäsitelyyn erikoistunut työryhmä joutuu korjaamaan virheen tarkkaan ja yksityiskohtaisesti, yleensä videokuvasta [3]. Mahdollisia ongelmia voi myös esiintyä kuvauspaikan saatavuuden mukaan. Elokuvan kuvauspaikat voivat olla esimerkiksi toisessa maassa kuin tuotanto tai vuokrattuina vain määräajaksi. Kohtauksien uudelleenkuvaaminen olisi siis kallista, joten jälkikäsitelystä tehokkaat ja uskottavat muutokset auttavat säästämään ja ylläpitämään elokuvan luomaa illuusiota.

Toinen mahdollinen käyttö syvävääreennöksille on näyttelijän kasvojen muokkaaminen esimerkiksi nuoremmaksi tai roolihahmoon sopivammaksi [13], [22]. Esimerkkejä tästä voi olla näyttelijän ikääntyminen ja fyysisen kunnon heikkeneminen tai roolisuorituksen vaadittavat ulkonäön piirteet kuten viikset. Lihasten korostami-

nen tai kasvonpiirteiden digitaalinen poisto ei ole ennennäkemätöntä, mutta sujuvan ja tasaisen laatusuorituksensa takia tekoölyalgoritmit voivat mahdollistaa uskottavamman lopputuloksen, joka puolestaan parantaa tuotteen laatua ja eheyttää elokuvakokemusta [1], [22].

Yleisin hypoteettinen käyttö syväväärentämiselle on kuitenkin kasvojen korvaaminen (engl. *faceswapping*), jonka avulla näyttelijän kasvot voidaan siirtää toisen näyttelijän kehoon [13], [22]. Tälle voi olla useita syitä: Kohtaus voi olla vaarallinen tai vaatia sijaisnäyttelijää, näyttelijän fyysinen ulkomuoto on muuttunut roolihahmon omasta, näyttelijä ei halua osallistua alastonkohtauksiin omalla kehollaan tai roolihahmona tunnettu näyttelijä on edesmennyt [22]. Sijaisnäyttelijöiden käyttö on yleinen käytäntö, mutta syväväärennösteknologialla voidaan mahdollistaa uskottavat ja saumattomat siirtymiset eri kuvakulmien välillä. Tietyissä tapauksissa edesmennyttä tai ikääntynyttä näyttelijää halutaan muistaa palauttamalla tämä tunnettuun rooliin. Esimerkkinä tästä on esimerkiksi Ian Holm, joka esitti vuonna 1979 Ash -androidia *Alien – Kahdeksas Matkustaja* -elokuvassa [14]. Hahmon ulkomuoto ja ääni tuotiin takaisin vuonna 2024 julkaistussa *Alien: Romulus* -elokuvassa [5].

Teknologialla on luotu useita uskottavia videokuvia ja ääniraitoja, joissa on hyödynnetty julkisuuden henkilöitä erilaisiin viihdemuodon tarpeisiin [1], [23], [24], [25]. Äänen syntetisointi on merkittävä apuväline, jos näyttelijä on esimerkiksi menettänyt äänensä sairauden tai tapaturman vuoksi [13]. Myös ääninäyttelijöiden uratuotantoa hyödyntävät äänipankit ovat yleistyneet ja lisääntyneet vapaa-ajan viihdekäytössä [23], [24], [25]. Sen lisäksi tekoölyä voi käyttää korjaamaan äänenlaatua tai otoksessa epäonnistunutta vuorosanaa. Yleensä elokuvatuotannossa saatetaan uudelleenäänittää vuorosanoja ja jälkikäsitellyssä lisätä nämä jo olemassa olevan videokuvan päälle [3]. Syväväärentämisellä alkuperäistä ääniraitaa voi yhdistää syntetisen äänen kanssa, jolloin haluttu lopputulos saadaan ilman näyttelijän fyysistä läsnäoloa.

Useassa tutkimuksessa tarkastellaan myös teknologian taloudellista vaikutusta elokuvatuotantoon [8], [12], [13]. Syväväärentäminen ja tekoäly nopeuttavat jälkikäsittelyn lisäksi näyttelijöiden palkkaamista ja ympäristöjen luontia [8], [26]. Yllä mainitut aihealueet ja niiden kanssa esitetyt esimerkit lukeutuvat myös taloudelliseksi eduiksi. Esimerkiksi roolihahmon nuorentaminen CGI-animaation avulla on huomattavasti kalliimpaa kuin kuvamateriaalin käsittely tekoälyalgoritmien kautta, koska se vaatii aikaa ja erikoistuneen ammattiryhmän [22].

## 3.2 Suhde perinteisiin erikoistehosteisiin

Syväväärentästeknologia vaatii osakseen suuren aineiston, joka täytyy käsitellä niin ennalta kuin jälkeenkin [8]. Käytännön tehosteita ja CGI-animaatiota on käytetty runsaasti yhdessä tuotteen halutun vision luomiseksi [3], [14], [16]. Syväväärentästeknologia on hiljalleen ottamassa paikkaansa erikoistehosteiden tuotannossa, mutta teknologia koetaan yhä kyseenalaisena ja uskottavan lopputuloksen luominen ei ole helppoa [22], [27], [28]. Illusion uskottavuuteen vaikuttaa paljon vastaanottavan yleisön reaktio ja halukkuus eläytyä heille tarjottuun kokemukseen. Eri ihmisryhmien kokemukset teknologian parissa voivat kuitenkin monimutkaistaa vain syväväärentäksillä luotujen tehosteiden uskottavuutta [1]. Tämän takia voidaan arvioida syväväärentämisen olevan hyvä työkalu erikoistehosteiden luomiseen, mutta tuotteen laadun takaamiseksi tulee tarkastella sen suhdetta jo olemassa oleviin työkaluihin.

Liikkeidenkaappaus (engl. *motion capture*) on yhdistetty CGI-animaatioon siten, että näyttelijä pukeutuu erityiseen liikkeitä seuraavaan pukuun [29]. Nämä liikkeet yhdistetään 3D-animaatiohahmoon, jonka päälle CGI-animaattorit voivat luoda roolihahmon. Roolihahmo saattaa olla kokonainen 3D-malli, jota näyttelijä ääninäyttelee, tai tämä saattaa olla näyttelijän kasvoja käyttävä hahmo, jolla on esimerkiksi yliluonnollisia piirteitä [30]. Teknologia on tavoitteiltaan hyvin samankaltainen kuin syväväärentäsalgoritmeihin käytetty kasvon tai kehon liikkeiden imitointi. Sy-

väväärennösteknologiaa voitaisiin siis käyttää tukemaan perinteistä liikkeidenkaappausa ja helpottamaan hahmon muokkaamista ja animointia. Viime vuosina on ilmaantunut liikkeidenkaappausyökaluja, jotka eivät vaadi erikseen pukua liikkeiden seuraamiseksi videokuvasta [31], [32]. Nämä hyödyntävät tekoälyä, joka tunnistaa videokuvassa liikkeet koulutusaineistonsa pohjalta ja kopioi ne digitaalisesti. Liikkeidenkaappaus on usein pitkäkestoista ja vaatii suuria määriä valmistelua, resursseja ja rahaa [4], [33]. Esimerkiksi Suomessa liikkeidenkaappaukselle tarkoitettut studiot ovat usein koulutuslaitosten tiloissa, koska ne vaativat suuren määrän tilaa ja varusteita [34], [35], [36].

Käytännön tehosteissa kohtaukseen käytettävät materiaalit on toteutettu fyysisesti. Esimerkiksi *The Thing – 'Se' jostakin* -elokuvassa näyttelijä Charles Hallahanin päästä luotiin kopio, jotta tämän pää voitaisiin irrottaa kehosta roolihahmon mutatoituessa [37]. Koska elokuvissa voidaan joutua ottamaan useita otoksia, on käytännön tehosteiden luominen aikaa vievää ja kallista [2]. Tehosteet eivät välttämättä toimi kuten niiden odotettaisiin tai tarvittavia materiaaleja ei ole tarpeeksi saatavilla. Generatiivisen tekoälyn näkökulmasta onnistuneita otoksia voitaisiin käyttää aineistona algoritmin kouluttamiseen ja kyseistä algoritmia arvioimaan kohtauksen eheyttä tai korjaamaan pieniä virheitä. Ongelmana voi ilmetä aineiston puute tai kohtauksen vaativuus, johon teknologia ei ole vielä kehittynyt tarpeeksi. Tutkimusaineistoa kerätessä ei löytynyt käytännön erikoistehosteilla koulutettuja algoritmeja.

Käytännön tehosteiksi luokitellaan myös roolihahmojen puvustukset ja elokuvan lavasteet [2], [3]. Syväväärennösteknologiaa elokuvamaskeeraukseen yhdistämällä voidaan lisätä todenmukaisia piirteitä, joiden lisääminen olisi huomattavasti kalliimpaa CGI-animaatiolla tai joita olisi mahdotonta luoda käytännössä [22]. Esimerkiksi elokuvameikin osoittautuessa näyttelijälle haitalliseksi tai materiaalien ollessa

terveydelle vaarallisia, voidaan roolisuorituksesta tulevia riskejä vähentää käyttämällä valmiina olevaa materiaalia uuden luomiseen.

Syvävääreennösteknologiaa ei ole valtavasti hyödynnetty elokuvatuotannossa, ja aineistossa sen aihetta käsittelevät tutkimukset ovat vähäisiä. Sen sijaan tietokonegraafikan ja käytännön tehosteiden yhteisestä käytöstä on useita esimerkkejä, tutkimuksia ja kirjoja [2], [3], [4], [26]. Näitä tutkimuksia analysoimalla ja samankaltaisten tavoitteiden arvioimisella syvävääreennösteknologialla on mahdollisesti paikka erikoistehosteiden luomisessa, mutta toistaiseksi voidaan esittää vain arvioita sen käytöstä. Syväväärentämisen kuitenkin uskotaan olevan merkittävä tekijä elokuvatuotannon tulevaisuudessa [9].

# 4 Vaikutukset ja julkinen vastaanotto

Luvussa tarkastellaan tutkimusaineistossa toistuvasti ilmenneitä asioita kuten elokuvia tai viihdemediaa, jotka ovat hyödyntäneet syvävääreennösteknologiaa tai generatiivista tekoälyä. Tämän lisäksi käsitellään, miten teknologia on elokuvissa vastaanotettu ja mitä eettistä keskustelua teknologian käytöstä on esitetty. Erityisesti ollaan kiinnostuneita arvioimaan, miksi generatiivinen tekoäly on herättänyt paljon keskustelua elokuvatuotannon aloilla [13], [26], [28]. Tarkastelun pohjalla käytetään pienimuotoisia kyselytutkimuksia, tutkimuksia syvävääreennöksistä viihde- ja vapaa-ajankäytössä ja elokuvista julkaistuja viihdeuutisia. Lisäksi tarkastellaan, miten elokuvatuotannossa olemassa olevat eettiset ongelmat vaikuttavat syvävääreennöksen käyttöön. Tuotetta ja sen laatua arvioitaessa katsotaan elokuvaa illuusiona, jonka tavoite on olla mahdollisimman uskottava ja katsojille eläydyttävä.

## 4.1 Esimerkkitapauksia

Tekoälyä on käytetty elokuvatuotannossa yli 10 vuotta [9]. Pääasiassa sitä on käytetty jälkikäsitelyssä ja CGI-animaation visuaalisten tehosteiden ohella. Syvävääreennösten ja generatiivisen tekoälyn käyttö on kuitenkin ollut hyvin vähäistä sen alhaisen suorituskyvyn takia. Uskottavien ja realististen syvävääreennösten tekeminen on ollut vaikeaa ja teknologialla on yhä vaikeuksia luoda uskottavia syväväären-

nöksiä tai kasvojen vaihtoja tietyissä olosuhteissa [13], [22]. Suurin osa aineistosta, jolla kasvoja generoivat neuroverkot on koulutettu koostuu valkoihoisista miehistä, joilla ei ole suuria ulkonäköä muokkaavia piirteitä kuten luomia tai kasvaimia [13]. Tästä johtuen generatiivinen neuroverkko oppii toteutuksessaan rajalliseksi. Se ei esimerkiksi osaa luonteikkaasti yhdistää kahden eri ihonväriä tai sukupuolta olevan näyttelijän kasvoja tai kehoja, ja uskottavan lopputuloksen saamiseksi sijainnäyttelijän on oltava ulkonäöltään samankaltainen kuin tämän päälle asetettavan näyttelijän [1], [22], [26].

Viime vuosina syväväärentämisen käyttäminen ja sen yhdistäminen CGI-animaation toteutuksiin on kuitenkin lisääntynyt ja ollut tutkimuksen kohteena [13], [26], [28]. Aiemmin näyttelijän nuorentaminen on vaatinut erillisen ryhmän animaation ammattilaisia, jotka ovat pitkäjänteisesti ja yksityiskohtaisesti muokanneet digitaalista kuvaa täsmällisemmäksi referenssimateriaalista. Esimerkki tästä on vuonna 2019 ilmestynyt *Gemini Man*, jossa Will Smith nuorennettiin 51-vuotiaasta 23-vuotiaaksi [22]. Will Smith näytteli kahden hahmon osat ja liikkeidenkaappauksen kautta hänen kasvojensa liike siirrettiin tietokoneelle animaattorien työpohjaksi.

Tekoälyllä toteutettuja esimerkkejä ovat aiemmin mainittu Ian Holm *Alien: Romulusissa* [5], Harrison Ford *Indiana Jones – Dial of Destinyssä*, Tom Hanks *Herssä* ja Bruce Willis venäläisen puhelinyhtiön mainoksessa [28]. Näistä esimerkeistä kaksi poikkeaa muista siten, että syväväärennetty näyttelijä oli edesmennyt ennen elokuvan tuottamista tai fyysisesti rajoittunut sairauden myötä. Ian Holm menehtyi neljä vuotta ennen *Alien Romulus* -elokuvan kuvaamista ja elokuvassa nähty rooli-hahmo on täysin generatiivisella tekoälyllä tuotettu. Bruce Willis puolestaan kärsii puheen tuottamisen vaikeudesta ja fyysisestä rajoittuneisuudesta afasian takia, ja mainoksiin tuotettu hahmo imitoi häntä ennen terveysongelmien tuomia muutoksia. Harrison Ford ja Tom Hanks nuorennettiin rooli-hahmojensa ulkonäköä täsmääviksi näyttelijöiden tarjoaman roolisuorituksen pohjalta.

Suurin osa generatiivisen tekoälyn käytöstä ilmenee suurien mediayhtiöiden tuotannoissa [13], [28]. Walt Disney -yhtiön on uutisoitu käyttäneen generatiivista tekoälyä paljon pienempien roolisuorituksien ja taustanäyttelijöiden digitaalisten kopioiden luomiseen [28]. Taustanäyttelijät ovat nimensä mukaisesti kohtauksien taustalla näkyviä hahmoja, jotka esittävät esimerkiksi kaupungin asukkaita tai kahvilan asiakkaita. Televisiosarja *Wandavision* on eräs esimerkki, joka on herättänyt keskustelua pienimuotoisten näyttelijöiden oikeuksista ja digitaalisten kopioiden luomisesta [28].

Koska esimerkkejä syväväärentämisestä on vähän, on tarpeellista mainita samaa teknologiaa ja tietorakenteita hyödyntäviä esimerkkejä kuten generatiivisella tekoälyllä luotuja kuvia tai ohjattua oppimista hyödyntäviä työkaluja. Elokuva *Late Night with the Devil* [38] imitoi 70-luvun keskusteluohjelmaa. Joidenkin kohtauksien välissä, jossa kuvitteellisen lähetyksen näyttäminen keskeytetään, näytetään testikuvaa. Nämä testikuvat on luotu generatiivisella tekoälyllä. Toinen esimerkki tekoälyn käytöstä elokuvatuotannossa on animaatioelokuva *Spider-Man: Across the Spider-verse* [39], jonka tehosteryhmä loi koneoppivan algoritmin 3D-mallien hahmottamiseksi [40]. Käytännössä algoritmi ennusti, mihin 3D-mallia rajaavat viivat tulisivat hahmon liikkua. Toisin kuin muut esimerkit, tämä esimerkki ei ollut generatiivista tekoälyä, vaan ohjatulla oppimisella koulutettu algoritmi. Seuraavien lukujen kannalta tämä huomio on merkittävä.

## 4.2 Vaikutus tuotteen laatuun

Tässä aliluvussa elokuvaa tarkastellaan tuotteena, joka on luotu kulutettavaksi. Laadua arvioidaan kuluttajan viihtyvyyden, immersion luomisen ja ohjaajan taiteellisen vision toteutumisen kannalta. Reaktiot syväväärentämisteknologian ja generatiivisen tekoälyn käyttöön elokuvatuotannossa ovat olleet ristiriitaisia [13], [28]. Tämän takia on erityisen tärkeää arvioida, kuinka tarpeellinen kyseinen työkalu on tuotteen laadulle ja miten sen käyttö voi edistää tai vaikeuttaa hyvän tuotteen luomista.

### 4.2.1 Kuluttajan viihtyvyys

Elokuvaa voidaan tarkastella illuusiona, jonka on tarkoitus huijata yleisöään [1], [9]. Syvävääreennösteknologia on nostanut esille huolia siitä, miten sen käyttö voi johdattaa uskottavien propagandavideoiden tai valeutisten luomiseen [8], [13], [28]. Täten voidaan olettaa, että uskottavan ja laadukkaan illuusion luominen syvävääreennösteknologialla parantaisi viihdetuotteen immersiota, koska se on kykenevä huijaamaan katsojaa tehokkaasti. Ero syvävääreennetyin valeutisten ja elokuvan välillä on kuitenkin se, että katsoja tietää ennalta elokuvakokemuksen olevan illuusio. Elokuvaa siis tarkastellaan eri tavalla kuin esimerkiksi sosiaalisessa mediassa vastaan tullutta syvävääreennöstä. Se, miten tämä vaikuttaa tuotteen laatuun vaihtelee katsojan kokemuksen mukaan [1].

Katsojan lisääntynyt tieto aihealueesta voi vaikuttaa tuotteen tavoittelemaan kokemukseen. Tällaista tietoa voi olla esimerkiksi laaja käsitys tietyn näyttelijän piirteistä kuten äänestä tai liikkeistä, perehtyminen erikoistehosteisiin tai mielenkiinto syvävääreennösteknologiaa kohtaan [1]. Jos tietyn näyttelijän ihailija katsoo elokuvaa, jossa hän tunnistaa ihailemansa näyttelijän kasvot siirrettynä sijaisnäyttelijän kehoon, illuusion voidaan sanoa rikkoutuneen. Teknologiaan perehtynyt henkilö puolestaan saattaa saada kokemuksestaan enemmän irti, koska tämä tunnistaa laadukkaan toteutuksen ja siihen käytetyt menetöt. Kuluttajan voidaan kuitenkin olettaa olevan kriittisempi tuotetta kohtaan sen arvioinnissa myös ilman suurta teknologiantuntemusta, koska hän tietää kyseessä olevan viihdyttävä illuusio. Tutkimukset eivät ole kuitenkaan kyenneet esittämään, että syvävääreennökset olisivat esimerkiksi CGI-animaatiota, tavanomaista kuvaeditointia tai tekstipohjaisia uutisia parempia vakuuttamaan ihmisiä [13]. Sen sijaan asioiden sanoituksella ja asettelulla nähtiin olevan suurempi vaikutus siihen, miten esitettävä media vastaanotettiin.

Syvävääreennösteknologian on myös huomautettu aiheuttavan joissakin katsojissa ilmiötä, joka tunnetaan ”outona laaksona” (engl. *uncanny valley*). Tällä ilmiöllä

tarkoitetaan kuvia tai videoita, jotka vaikuttavat ihmiselle jokseenkin tutulta, mutta herättävät epämukavuuden tunnetta [41]. Koska kyseinen tunne yhdistetään negatiiviseen ajatukseen, voidaan sen sanoa vaikuttavan myös negatiivisesti sitä herättävän tuotteen laatuun. Kyseinen epämukavuuden tunne johtuu siitä, miten kuluttaja samaistuu ihmismäiseen olentoon, joka ulkonäöstään huolimatta ei ole tarpeeksi uskottava ollakseen oikea ihminen. Liiksi kehitetty realismi, joka ei vakuuta psykologisella tasolla, koetaan luotaantyöntäväksi. Kyseinen tunne yhdistetään usein ihmismäisiin robotteihin tai CGI-animaatiolla luotuihin hahmoihin, mutta ilmiön on arveltu olevan myös syy esimerkiksi klovniin pelkoon (engl. *coulrophobia*) [42], [43], [44], [45], [46]. Tämä tarkoittaa, ettei ”oudon laakson” tunne ole yksinomainen vain digitaalisesti luodulle sisällölle, vaan käytännön erikoistehosteet voivat aiheuttaa ilmiötä myös. On todettu, että tunnetta ilmenee myös vuorovaikutuksessa virtuaalisten idolien tai tekoälyllä toimivien keskustelutyökalujen kanssa. Tämän takia ilmiö ei siis ole vain rajoittunut visuaaliseen reaktioon. Koska CGI-animaation on jo todettu aiheuttavan ”oudon laakson” kokemuksia, voidaan vetää johtopäätös syvävääränteknologian ja generatiivisen tekoälyn kyvystä tehdä samoin [46]. Tutkimusaineiston pohjalta tekoälyn ja CGI-animaation todettiin olevan myös taipuvaisempia ilmiön aiheuttamiseen.

### 4.2.2 Luovan vision toteuttaminen ja immersio

Aiemmin tarkasteltiin syvävääränteknologian positiivisia vaikutuksia ja todettiin niiden keskittyvän paljolti taloudellisiin tavoitteisiin. Tutkimusaineistoa tarkasteltaessa toinen merkittävä tarkastelun kohde on kuitenkin käsitys ohjaajan ja näyttelijöiden taiteellisen vision toteutumisesta. Suuri osa elokuvatuotantoa on ns. ”luovaa työtä”. Tämä tarkoittaa, ettei tuotteen käyttötarkoitusta voida sijoittaa vain käytännölliseen tai taloudelliseen näkökulmaan, vaan tuotteen on usein tarkoitus herättää tunteita tai keskustelua [13], [28].

Syväväärennösteknologian käyttäminen ja digitaalisten kopioiden luominen näyttelijöistä on ollut osasy simerkiksi työlakkoihin [26], [28]. Näyttelijät ovat esittäneet huolta ajatuksesta, että heidän yhdennäköisyyttään voidaan käyttää luomaan näyttelysuoritus, joka ei vastaa heidän näkemystään hahmosta tai työnkuvasta. Vaikka suurin osa kyseisiä aiheita esiin nostaneista näyttelijöistä on ollut pienen roolien esittäjiä, myös kuuluisat näyttelijät, kuten Nicholas Cage, ovat kritisoineet oman yhdennäköisyytensä digitaalista käyttöä [28]. Näyttelemine koetaan usein intuitiivisena ammattina, jonka hienovaraisuus ja henkilökohtaisuus vähenee, jos näyttelijä erotetaan roolistaan.

Toisaalta syvävääärennösteknologiaa on myös kehattu sen tuomien mahdollisuuksien takia [28]. Harrison Ford ja Tom Hanks ovat ottaneet kantaa omiin digitaalisesti nuorennettuihin versioihinsa lähinnä positiiviseen sävyyn. Tom Hanksin mukaan syvävääärennösteknologia luo mahdollisuuden taiteelle elää jopa sen luoja kuoleman jälkeen. Harrison Ford taas koki teknologian parissa työskentelyn viihdyttäväksi, mutta tarkensi luovuutta vaatineen osan olleen näyttelijän ansiota. Näyttelijän nuorentamiseen käytetty teknologia ei siis itsessään ollut luova, vaan sen toteuttamiseen tarvittiin Fordin mukaan ihmisenäyttelijän roolisuoritus.

Luovaksi ja tyydyttäväksi koetun työn ei voida sanoa kuitenkaan rajoittuvan vain näyttelijöihin. Muita generatiivista tekoälyä ja syvävääärennöksellä toteutettuja erikoistehosteita arvioivia ammattiryhmiä ovat elokuvien ohjaajat ja käsikirjoittajat [26], [28]. Generatiivisen tekoälyn ei koeta voivan imitoida ihmiskokemuksen kautta syntyviä tunteita tai kokemuksia tavalla, johon toinen ihminen olisi kykenevä samaistumaan. Sen sijaan esimerkiksi elokuvaohjaaja James Cameron on ilmaissut generatiivisen tekoälyn rajoittavan enemmän kuin mahdollistavan [28]. Cameronin mukaan tekoäly imitoi tuntemuksia, mutta ilman täydellistä ymmärrystä ihmiskokemuksesta se ei kykene luomaan mitään uutta tai aitoa, vaan sen sijaan luo pinnallisen tiivistelmän usean eri henkilön töistä. Käsikirjoittajat ja kirjailijat ovat ilmais-

seet samankaltaisia ajatuksia generatiivisen tekoälyn käyttämisestä. *Alien Romulus* -elokuvan ohjaaja Fede Álvarez osoitti pettymystä syvävääreennösteknologialla toteutetuista erikoistehosteista elokuvassaan ja myönsi tehosteiden jääneen keskeneräisiksi [47]. Tämän seurauksena elokuva sai paljon kritiikkiä tehosteiden laadusta. On tärkeää ottaa huomioon, että vaikka syvävääreennösteknologian ja generatiivisen tekoälyn aiemmin teoriassa koettiin nopeuttavan erikoistehosteiden tuotantoa, juuri sitä käyttäneet kohtaukset jäivät keskeneräisiksi ja saivat kritiikkiä laadusta. Aiemmin mainittua ”outo laakso” -ilmiötä ja sen hypoteettista vaikutusta tuotteen laatuun voidaan verrata James Cameronin ja Fede Álvarezin kokemuksiin ja sanoihin generatiivisesta tekoälystä. Jos syväärentämisellä tai generatiivisella tekoälyllä luotu roolisuoritus, erikoistehosteet tai käsikirjoitus herättää epämukavuuden tunnetta tai ei tyydytä ohjaajaa, sen voi olettaa myös vaikuttavan negatiivisesti kuluttajan kokemukseen tuotetta tarkasteltaessa.

Elokuvatuotannossa on myös tärkeää tarkastella, millaisen kokemuksen sen tekijät haluavat luoda. *Jurassic Park* -elokuvan tuotannossa erikoistehosteisiin oli kaksi ryhmää [26]. Toinen ryhmä loi elokuvan dinosauruksista nukkeja ja toinen ryhmä keskittyi CGI-animaatioon. CGI-animaation ei aluksi uskottu olevan tarpeeksi kehittynyt elävien olentojen liikkeiden ja käytöksen simuloimiseen, mutta lopulta digitaalisesti luotujen dinosauruksien koettiin täyttävän paremmin elokuvan visuaaliset tarpeet [26]. Myöhemmin nukkeryhmä kuitenkin palkattiin auttamaan dinosaurusten animaatioissa, jotta näiden liikkeet olisivat vakuuttavia ja luonnonmukaisia. Realistinen liike ei ollut elokuvan tavoite, vaan dinosauruksista haluttiin tehdä aidon ja elävän tuntuisia katsojan kokemuksen parantamiseksi. Kun elokuvan erikoistehosteita tarkastellaan luovan vision toteuttamisen kannalta, on tärkeää ottaa huomioon niiden tavoite. *Terrifier* [48], [49], [50] -elokuvasarja tunnetaan sen erityisen graafisesta väkivallasta ja elokuvien tavoitteena on pääosin luoda mahdollisimman vakuuttavaa väkivaltaista sisältöä. Elokuvat on toteutettu täysin käytännön erikoiste-



Kuva 4.1: Ian Holm Ash -androidina *Alien – Kahdeksas Matkustaja* vuonna 1979 (vasemmalla) [14]. Syvävääreännös Ian Holmista *Alien: Romulus* -elokuvassa vuonna 2024 (oikealla) [5].

hosteita hyödyntäen [51]. *Terrifier 2* -ensi-illassa ihmisten ilmoitettiin lähteneen tai pyörtyneen kesken esityksen, koska elokuvan tehosteet olivat olleet katsojille erittäin uskottavia [52]. Nämä esimerkit ovat olennaisia, koska ne korostavat syväväärentämisen ja tekoölyn tarpeellisuutta elokuvatehosteiden yhteydessä. CGI-animaation tavan syväväärentämistä ja generatiivista tekoölyä voidaan mahdollisesti hyödyntää eri ammattiryhmien tuomalla tietotaidolla monipuolisemmin. Toisaalta on tärkeää myös arvioida, milloin teknologian käyttäminen voi olla tavanomaisia erikoistehosteita vähemmän mieluisa vaihtoehto.

Syvävääreännösteknologian toteuttaminen vaatii paljon koulutusaineistoa. Aina koulutusaineistoa ei ole ja syvävääreännösteknologialla luodut erikoistehosteet ovat alttiita samoille ongelmille kuin CGI-animaatio [22]. Ne voivat herkästi rikkoa immersion, jos ne eivät ole tarpeeksi vakuuttavia, tai luoda epämukavuuden tunnetta katsojissa, jolloin elokuvantekijän luova näkemys häiriintyy ja tuotteen laatu laskee. Toisaalta kyseinen piirre voi toimia myös hyötynä. Vaikka *Alien Romulus* sai negatiivista kritiikkiä sen erikoistehosteista, Fede Álvarez selitti tavoitteensa olevan Ian Holmin ulkonäön imitointi näyttelijän roolisuurituksen sijaan [47]. Elokuvassa esiintyvä hahmo on androidi, jonka on tarkoitus vaikuttaa epäinhimilliseltä ja robottimaiselta. Alkuperäinen roolihahmo ja syvävääreännös esitetään kuvassa 4.1.

*Terrifier* -elokuvissa käytännön erikoistehosteet voivat olla suotuisampi vaihtoehto, koska väkivallan on tarkoitus tuntua aidolta ja konkreettiselta. Uskottavat käytännön erikoistehosteet voivat herättää katsojassa vahvemman halutun reaktion kuin tietokoneella luotu uskottava imitaatio. Lisäksi äärimmäistä ja realistista graafista väkivaltaa imitoivan generatiivisen tekoälyalgoritmin koulutusaineisto voisi olla vaikeaa tai epäeettistä rakentaa. *Alien: Romulus* käytti myös aiemmin Ian Holmille luotua käytännön erikoistehostetta syvävääreännöksen toteuttamiseen [47]. Näyttelijän yläruumiista oli tehty toiseen elokuvaan muotti, jonka avulla pystyttiin mittaamaan ja luomaan digitaalinen kopio edesmenneestä näyttelijästä. Tutkimusaineistossa muita pieniä esimerkkejä syvävääreännösteknologian ja käytännön erikoistehosteiden yhteisestä käytöstä löytyi kuitenkin vähän.

### 4.3 Eettinen tutkimus

Tässä luvussa tutkitaan tutkimusaineistossa ilmenneitä eettisiä ongelmia syvävääreännösteknologian ja generatiivisen tekoälyn käytössä elokuvatuotannossa. Eettinen tutkimus keskittyy pääosin teknologiassa käytettyjen koulutusaineistojen keräämiseen ja näyttelijöiden asemaan, päätäntävaltaan sekä alalle ominaisten eettisten ongelmien vahvistamiseen [13], [22], [28]. Tutkimusaineiston pohjalta arvioidaan teknologian käyttöön soveltuvia tilanteita, joissa esitettyjen eettisten ongelmien määrää voitaisiin vähentää.

Tutkimusaineistossa nousi esille toistuvasti samanlaisia teemoja. Näihin teemoihin lukeutuivat esimerkiksi näyttelijän oikeudet [26], [28]. Tunnetummat näyttelijät ovat huomattavasti turvatumia kuin esimerkiksi taustanäyttelijät tai pienempiä rooleja esittävät henkilöt. Siinä, missä Tom Hanksin tai Harrison Fordin kasvoja tai samannäköisyyttä ei saa käyttää ilman laillista hyväksyntää, digitaalisen kopioinnin kohteeksi joutuvat taustanäyttelijät eivät omaa samanlaisia turvatoimia. Kun taustanäyttelijöistä luotiin digitaalisia kopioita *Wandavision* -televisiosarjaan, näytteli-



Kuva 4.2: Will Smith vuonna 2019 (vasemmalla) [53] ja Keanu Reevesin kehoa käyttävä syväväärentös (oikealla) [54]. Näyttelijän ihoa on huomattavasti vaalennettu.

jät kertoivat olleensa kohtalaisen tietämättömiä siitä, mihin kopioita käytettäisiin. Lisäksi näyttelijöille ei tarjottu taloudellisia korvauksia kopioidensa tekemästä työstä, vaan kopion ja näyttelijän ulkonäön omisti kopioinnin jälkeen sen luonut yhtiö, eli tässä tapauksessa *The Walt Disney Company* [28]. Tämä ilmiö nostaa esille eettisiä ongelmia taustanäyttelijöiden elannon ansaitsemisesta ja käskyvallasta oman ulkonäkönsä ja kehonsa toimintaan.

Toinen syväväärentämisessä esiintynyt ongelma oli koulutusaineiston puolueellisuus ja siitä seuraava syrjinnällinen toiminta [1], [13], [22]. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että moni syväväärentämiseen ja generatiiviseen tekoälytuotantoon käytetty koulutusaineisto on puutteellinen tai saattaa edistää vanhanaikaisia, haitallisia käsityksiä esimerkiksi sukupuolirooleista tai rasismista. Esimerkkinä tästä on tummaihoisen näyttelijän Will Smithin kasvojen siirtäminen valkoihoisen Keanu Reevesin hahmon kehoon. Syväväärentämisen tekevä algoritmi vaalensi Smithin ihoa, jotta tämä sulautuisi paremmin siirretyn kehon piirteisiin, kuten ilmenee kuvassa 4.2 [13], [22]. Tämä ilmiö herättää kysymyksiä ”valkopesusta” (engl. *white washing*), joka tarkoittaa tummaihoisempien tai eri etnisistä taustoista olevien henkilöiden ja hahmojen poistamista tai vähentämistä mediassa.

Vastaavia ongelmia ilmenee myös tilanteissa, joissa syväväärentämisellä kyettäisiin vaihtamaan elokuvan päänäyttelijän roolia esittävä henkilö [13]. Eräässä tutkimuksessa tutkimusryhmälle esitettiin hypoteettinen tilanne, missä teknologian avulla olisi mahdollista tulevaisuudessa valita lempinäyttelijä esittämään elokuvan hah-

moja [13]. Moni osoitti ajatuksen tukevan haitallisia ilmiöitä kuten rasismia, koska elokuvarooleissa olevia, ei-valkoihoisia näyttelijöitä kyettäisiin korvaamaan valkoihoisilla näyttelijöillä. Saman logiikan voidaan sanoa samassa hypoteettisessa tilanteessa pätevän myös esimerkiksi seksuaali- tai sukupuolivähemmistöjä edustaviin näyttelijöihin.

Näyttelijöiden päätäntävaltaa uhkaava uniikki ilmiö on edesmenneiden näyttelijöiden digitaalisten kopioiden käyttäminen. Ilmiö alkoi CGI-animaatiolla luotujen digitaalisten kopioiden noustessa suosioon, ja syvävääreennösteknologia on mahdollistanut sen jatkamista näyttelijöistä olemassa olevien suurien kuva-aineistojen ansiosta [22]. Edesmenneiden näyttelijöiden käyttäminen elokuvatuotannossa on herättänyt hyvin vahvoja reaktioita, koska sen koetaan loukkaavan näyttelijän päätäntävaltaa [28]. *Alien: Romulus* -elokuvan ohjaaja pyysi luvan edesmenneen Ian Holmin ulkonäön ja äänen käyttämiseen näyttelijän omaisilta, mutta elokuvasarjan ihailijat kokivat silti esiintymisen vastenmielisyyttä herättävänä, koska näyttelijä ei itse kyennyt antamaan suostumusta ulkonäkönsä käyttämiseen [55]. Toinen esimerkki on edesmenneen näyttelijä George Reevesin yhdennäköisyyden käyttäminen *The Flash* -elokuvassa [56]. Vuonna 1959 kuollut George Reeves esitti Supermiestä 50-luvulla ja palautettiin kyseiseen rooliin digitaalisena kopiona vuonna 2023. Eläessään Reeves ilmaisi vahvasti negatiivisia tunteita roolin esittämisestä, koska hän koki sen rajoittavan mahdollisuuksiaan näyttelijänä [57]. Tämän pohjalta voidaan arvioida, olisiko näyttelijä antanut suostumuksensa ulkonäkönsä käyttöön. Toisaalta on elokuva-alan työntekijöitä, jotka ovat ilmaisseet kuolemanjälkeisten digitaalisten kopioiden tai töidensä käyttämisen itselleen yhdentekevänä [58]. Tämä ei kuitenkaan poista huomiota siitä, ettei teknologiaa edeltävällä ajalla elänyt ja kuollut näyttelijä olisi ollut kykenevä antamaan suostumusta kehonsa käyttämiseen edes eläessään, koska ei tietäisi kyseisen teknologian olemassaolosta.

Tutkimusaineistossa suuri positiivinen argumentti syvävääreennösteknologian käytölle olivat taloudelliset syyt. Eettistä tutkimusta tarkasteltaessa kuitenkin esille tuotiin usein elokuvatuotannon rooli ”luovana” alana [13], [26], [28]. Taloudellisten tarpeiden säätelyä vastaan argumentoitiin siten, että elokuvien ei ole tarkoitus olla yksiselitteisesti vain tuotteita, vaan myös tunteita herättäviä kokemuksia [13], [28]. Syväväärentämisen koettiin ”halventavan” ihmisluovuuden tuomaa vaikutusta elokuvien ja taiteen parissa ja tekevän luovasta työstä, näyttelijöistä ja tuotteista ”kapitalistisia työkaluja”. Inhimillisyyden poistaminen oli yleisin kokemus, joka tutkimusaineistossa ilmeni [13], [26], [28], [56]. On kuitenkin hyvä huomata, että käsitykset ”ihmisluovuudesta” ja ”inhimillisyydestä taiteen luonnissa” ovat epämääräisiä mittoja, joita on tieteellisesti äärimmäisen vaikea määritellä tai arvioida. Osittain voidaan tarkastella, estääkö teknologialle asetettu vertaus ”ihmisluovuuteen” sen potentiaalia ja mahdollista kehitystä CGI-animaation ja erikoistehosteiden käytön rinnalla vai kyettäisiinkö teknologia valjastamaan paremmin, jos sitä pyrittäisiin soveltamaan enemmän ihmisluovuuden rinnalla [27]. Esimerkkejä tilanteista, joissa luovuudelle uhaksi koettua teknologiaa on käytetty monipuolisesti ovat aiemmin esitetty yhteistyö *Jurassic Parkin* CGI-ryhmän ja nukkeriryhmän välillä ja *Spider-Man: Across the Spiderversen* animaattorin luomalla aineistolla koulutettu ohjattua oppimista hyödyntävä tekoälymalli. Toisaalta taloudellisten etujen ja eettisen toteutuksen tarvetta vertaillen on hyvä myös ymmärtää toiminnan konteksti. Aiemmin esimerkkinä käytetty The Walt Disney Company ansaitsi 91.36 biljoonaa dollaria (n. 84.63 biljoonaa euroa) vuonna 2024 [59]. Tutkimusaineistosta ei ilmennyt kuinka helppoa uskottavaa syvävääreennösteknologiaa tuottavien koneistojen tai työkalujen hankkiminen on pienemmille yhtiöille.

Syvävääreennösteknologiasta ja generatiivisesta tekoälystä ilmenneet ongelmat voidaan nähdä jatkeena jo elokuva- ja mediatuotannon aloilla olemassa olevista eettisistä ongelmista. Elokuvatuotantoa on alana kritisoitu paljon esimerkiksi ra-

sismista, seksismistä, homo- ja transfobiasta ja näyttelijöiden oikeuksista taloudellisiin korvauksiin [60], [61], [62]. Taloudellisen edun tavoittelu suurilta yhtiöiltä on ollut syy näyttelijöiden, käsikirjoittajien ja muiden luovien alojen ammattilaisten lakkoihin [28]. Jos elokuvatuotannossa tehdään merkittävää edistystä esimerkiksi tummaihoisen henkilön digitaalisesta kopioimisesta, irrotetaan näyttelijän etninen tausta uutisoinnista [22]. Tällöin suurin osa saatavilla olevasta tutkimusmateriaalista keskittyy yhä enemmistöryhmiin, eikä keskustelulle mahdollisia rasistisia sävyjä haluta tiedostaa. Vaikka syvävääreännöksien ja generatiivisen tekoälyn rooli kyseisten eettisten ongelmien esille tuomisessa on merkittävä, voidaan niiden myös todeta olevan osa suurempaa ja systemaattisempaa ongelmaa, joka vaikuttaa alan laajuisesti.

## 5 Yhteenveto

Syväväärennösteknologia ja generatiivinen tekoäly ovat uusia työkaluja elokuvatuotannolle. Teknologian käytöstä oli kirjallisuuskatsauksen tekohehkellä kohtalaisen vähän tieteellistä sisältöä ja aihetta piti tutkia paljon puolueellisista lähteistä, kuten ohjaajien tai erikoistehosteryhmien kommenteista. Tieteellisestä tutkimuksesta suurin osa keskittyi tekoälymallien kouluttamiseen ja neuroverkkoihin tai työkalujen tuoman taloudellisen edun tarkasteluun. Nämä tutkimukset olivat usein teknillisiltä aloilta. Taiteen aloilta tutkimus ja analyysi keskittyi pääosin teknologian vaikutuksiin luovilla aloilla ja millaista kritiikkiä tästä oli seurannut.

Elokuvatuotannossa syväväärentäminen ja generatiivinen tekoäly voivat olla erityisen hyviä työvälineitä esimerkiksi kuvanmuokkauksessa ja videomateriaalin käsittelyssä. Esimerkkiaineistolla opetetut neuroverkot nopeuttavat esimerkiksi virheiden löytämistä ja mahdollistavat sujuvan muokkauksen pienemmässä ajassa. Taloudellisesti tämä voi olla erityisen hyödyllistä silloin, kun kohtauksia ei voida kuvata uudestaan samassa paikassa tai aikaa uusille otoksille ei ole. Syväväärentämistä on kuitenkin hyödynnetty myös esimerkiksi näyttelijöiden nuorentamisessa tai äänen imitoinnissa.

Teoriassa syvävääärennösteknologiaa voidaan hyödyntää yhdessä käytännön erikoistehosteiden ja CGI-animaation kanssa, mutta tieteellistä tutkimusta ja analyysia esimerkkitapauksista ei löytynyt. Tutkimus syvävääärennösteknologiasta oli keskittynyt vertailemaan teknologian etuja perinteisiin erikoistehosteisiin sen sijaan, että

näitä olisi tarkasteltu yhtenä kokonaisuutena. Tutkimusaineistosta kyettiin kuitenkin toteamaan syvävääreennösteknologian jakavan erikoistehostetuotannossa hyvin samankaltaisen historian ja tavoitteet kuin CGI-animaatio. Tästä voidaan vetää johtopäätös, että syvävääreennösteknologia on elokuvatuotannolle varteenotettava työkalu.

Kritiikkiä syväväärentäminen ja generatiivinen tekoäly ovat saaneet niiden epäeettiseksi koetusta käytöstä ja niiden vaikutuksesta tuotteen laatuun. Digitaalisten kopioiden luomisen koetaan vähentävän näyttelijöiden valtaa omaan kehoonsa ja työsuoritukseensa, eivätkä näyttelijät saa digitaalisten kopioidensa työstä taloudellisia korvauksia. Tunnetummat näyttelijät ovat huomattavasti vastaanottavampia teknologialle, koska heidän yhdennäköisyyttään on rajallisempaa käyttää. Tämän nähdään lisäävän talouseroja ja tekevän luovasta työstä kaupallista.

Generatiivinen tekoäly on saanut samankaltaista kritiikkiä sen koulutukseen käytettävästä aineistosta. Syväväärentämisessä ja generatiivisessa tekoälyssä käytettävät neuroverkot vaativat suuren aineiston, mutta aineisto saattaa sisältää paljon materiaalia, johon alkuperäinen tekijä ei ole antanut suostumustaan. Tämä tarkoittaa, etteivät koulutusaineiston sisällöntuottajat välttämättä saa taloudellista korvausta tai päätäntävaltaa omistamiensa materiaalien käyttöön. Erityisesti edesmenneen näyttelijän ulkonäön tai äänen käyttäminen on ollut esimerkkinä suostumuksen puutteesta.

Kuluttajien näkökulmasta elokuvat nähtiin usein tavanomaisesta tuotteesta eroavana siten, ettei niiden tuottamisessa taloudellinen tavoite ollut yhtä olennainen kuin kuluttajan viihtyvyys ja tuotteen laatu. Kuluttajan näkökulmasta syväväärentäminen on herättänyt ”oudon laakson” ilmiötä eli realismin liiallisuuden tuomasta epämiellyttävästä tunteesta. Teknologian ei usein koeta olevan tarpeeksi vakuuttavaa voidakseen toteuttaa sille asetetut tavoitteet. Tämä ilmiö on kuitenkin todettu myös CGI-animaation ja käytännön erikoistehosteiden kuten maskeeraamisen yhteydessä.

Lisäksi teknologiaan liittyvät, epäeettiseksi todetut piirteet nostivat huolta esimerkiksi syrjinnästä ja vaikuttivat kuluttajien viihtyvyyteen.

Vastalauseena kritiikille tutkimusaineistossa kuitenkin ilmeni, ettei argumenttina käytettyyn termiin ”ihmisluovuus” ollut yhtä tarkkaa määritelmää. Ilman määritelmää on vaikea arvioida, miten tekoälyä kyettäisiin hyödyntämään taidealan kritiikien mukaan eettisesti. Ilman määritelmää ei myöskään kyetä arvioimaan, millainen potentiaali syvävääreennösteknologialla ja generatiivisella tekoälyllä voisi olla elokuvatuotannossa. CGI-animaation noustessa suosioon 90-luvun alussa pelättiin perinteisiin käytännön erikoistehosteisiin erikoistuneiden henkilöiden menettävän töitään. CGI-animaatiota on kuitenkin käytetty yhdessä käytännön erikoistehosteiden kanssa ja työryhmän tarkentuneet taidot kyettiin hyödyntämään paremman lopputuloksen luomiseksi. Tutkimuksen aikana samanlaista tapaustutkimusta ei löytynyt syvävääreentämiseksi, mutta ohjatusta oppimisesta löytyi esimerkkejä, joissa koulutukseen käytetty aineisto oli esimerkiksi elokuvatuotantoryhmän taitelijoiden luoma.

Tutkimusaineistoa kerätessä huomattiin, ettei syvävääreentämistä tai generatiivista tekoälyä käyttäneiden elokuvien koulutusaineistot olleet julkisesti saatavilla. Tutkimusta erikoistehosteyhtiöiden toiminnasta ei myöskään löytynyt. Suurin osa löydetyistä aineistosta keskittyi teknologian kehittämisessä käytettyihin neuroverkkoihin ja niiden selittämiseen, mahdollisten taloudellisten hyötyjen esittelemiseen ja teknologian kritisointiin sen vähäisen valvonnan takia. Kritiikki keskittyi pääasiassa vain näyttelijöiden ja taiteilijoiden oikeuksiin, mutta esimerkiksi teknologian vaikutuksesta ympäristöön ei mainittu. Lisäksi löytyi vähän tutkimusta siitä, miten teknologiaa kyettäisiin valvomaan ja mitä riskejä viihdealan seurauksena kehittyvät tekoälymallit voisivat aiheuttaa tietotekniikan aloilla. Suurin osa syvävääreennösteknologian hyödyistä annetuista esimerkeistä oli myös hypoteettisia. Esimerkiksi kuvankäsittelystä elokuvatuotannon yhteydessä ei löytynyt tutkimusta. Elokuvatuo-

tantoon keskittyvistä kirjoista ei myöskään löytynyt mainintaa tekoälyn käytöstä, joten teknologia ei ole välttämättä vakiintunut alalle työkaluna.

# Lähdeluettelo

- [1] L. Bode, ”Deepfaking Keanu: YouTube deepfakes, platform visual effects, and the complexity of reception”, en, *Convergence: The International Journal of Research into New Media Technologies*, vol. 27, nro 4, s. 919–934, elokuu 2021, ISSN: 1354-8565, 1748-7382. DOI: 10.1177/13548565211030454. url: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/13548565211030454> (viitattu 06.01.2025).
- [2] A. Lane, *Movie Stunts & Special Effects: A Comprehensive Guide to Planning and Execution*. Bloomsbury Publishing Inc, 2015, ISBN: 978-1-5013-0663-1 978-1-62356-366-0. DOI: 10.5040/9781501306631. url: <https://www.bloomsburycollections.com/monograph?docid=b-9781501306631> (viitattu 05.03.2025).
- [3] E. L. Honthaner, *The Complete Film Production Handbook*. Oxford, UNITED KINGDOM: Taylor & Francis Group, 2010, ISBN: 978-0-08-088499-8. url: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/kutu/detail.action?docID=535150> (viitattu 15.02.2025).
- [4] J. Okun ja S. Zwerman, *The VES Handbook of Visual Effects: Industry Standard VFX Practices and Procedures*. Oxford, UNITED KINGDOM: Taylor & Francis Group, 2020, ISBN: 978-1-351-00939-3. url: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/kutu/detail.action?docID=6227968> (viitattu 05.03.2025).

- [5] F. Alvarez, *Alien: Romulus*, Elokuva, 20th Century Studios, Scott Free Productions, Brandywine Productions, 2024.
- [6] S. J. Russell ja P. Norvig, *Artificial intelligence: a modern approach* (Prentice Hall series in artificial intelligence), en, Fourth edition, global edition. Boston: Pearson, 2022, ISBN: 978-1-292-40113-3 978-1-292-40117-1.
- [7] H. Tuominen, P. Neittaanmäki, E. Niinimäki ym., *Tekoälyn perusteita ja sovelluksia*, fin. 2019, Accepted: 2019-07-03T12:15:07Z, ISBN: 978-951-39-7796-2. url: <https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/64975> (viitattu 26.01.2025).
- [8] P. Rathi, S. K. Budhani, G. Murari Upadhyay, P. Vats, R. Kaur ja A. K. Saini, ”Unmasking Deepfakes: Understanding the Technology, Risks, and Countermeasures”, teoksessa *2024 4th International Conference on Innovative Practices in Technology and Management (ICIPTM)*, Noida, India: IEEE, helmikuu 2024, s. 1–6, ISBN: 979-8-3503-0775-7. DOI: 10.1109/ICIPTM59628.2024.10563353. url: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10563353/> (viitattu 07.01.2025).
- [9] L. Bode, D. Lees ja D. Golding, ”The Digital Face and Deepfakes on Screen”, en, *Convergence: The International Journal of Research into New Media Technologies*, vol. 27, nro 4, s. 849–854, elokuu 2021, ISSN: 1354-8565, 1748-7382. DOI: 10.1177/13548565211034044. url: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/13548565211034044> (viitattu 09.01.2025).
- [10] *algoritmi* | *TEPA-termipankki (erikoisalojen sanasto- ja sanakirjakokoelma)*. url: <https://termipankki.fi/tepa/fi/haku/algoritmi> (viitattu 21.04.2025).
- [11] Felicity, *Exploring Deep Learning & CNNs*, en-US, huhtikuu 2015. url: <https://www.rsipvision.com/exploring-deep-learning/> (viitattu 16.04.2025).

- [12] H. Singh, K. Kaur, F. Mohan Nahak, S. K. Singh ja S. Kumar, ”Deepfake as an Artificial Intelligence tool for VFX Films”, teoksessa *2023 7th International Conference on Computation System and Information Technology for Sustainable Solutions (CSITSS)*, Bangalore, India: IEEE, marraskuu 2023, s. 1–5, ISBN: 979-8-3503-4314-4. DOI: 10.1109/CSITSS60515.2023.10334186. url: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10334186/> (viitattu 06.01.2025).
- [13] G. Murphy, D. Ching, J. Twomey ja C. Linehan, ”Face/Off: Changing the face of movies with deepfakes”, en, *PLOS ONE*, vol. 18, nro 7, M. Ptaszynski, toim., e0287503, heinäkuu 2023, ISSN: 1932-6203. DOI: 10.1371/journal.pone.0287503. url: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0287503> (viitattu 03.10.2024).
- [14] R. Scott, *Alien*, Elokuva, Twentieth Century Fox, Brandywine Productions, Scott Free Productions, 1979.
- [15] J. McTiernan, *Predator*, Elokuva, Twentieth Century Fox, Lawrence Gordon Productions, Silver Pictures, 1987.
- [16] P. Jackson, *The Lord of the Rings: The Fellowship of the Ring*, Elokuva, New Line Cinema, WingNut Films, Marzano Films, 2001.
- [17] P. Jackson, *The Lord of the Rings: The Two Towers*, Elokuva, New Line Cinema, WingNut Films, The Saul Zaentz Company, 2002.
- [18] P. Jackson, *The Lord of the Rings: The Return of the King*, Elokuva, New Line Cinema, WingNut Films, The Saul Zaentz Company, 2003.
- [19] R. Wyatt, *Rise of the Planet of the Apes*, Elokuva, Twentieth Century Fox, Dune Entertainment, Chernin Entertainment, 2011.

- [20] S. Karnouskos, "Artificial Intelligence in Digital Media: The Era of Deepfakes", *IEEE Transactions on Technology and Society*, vol. 1, nro 3, s. 138–147, syyskuu 2020, ISSN: 2637-6415. DOI: 10.1109/TTS.2020.3001312. url: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9123958/> (viitattu 06.01.2025).
- [21] M. Westerlund, "The Emergence of Deepfake Technology: A Review", *Technology Innovation Management Review*, vol. 9, nro 11, s. 40–53, 2019, Place: Ottawa Publisher: Talent First Network, ISSN: 1927-0321. DOI: <http://doi.org/10.22215/timreview/1282>.
- [22] T. Allison, "Race and the digital face: Facial (mis)recognition in *Gemini Man*", en, *Convergence: The International Journal of Research into New Media Technologies*, vol. 27, nro 4, s. 999–1017, elokuu 2021, ISSN: 1354-8565, 1748-7382. DOI: 10.1177/13548565211031041. url: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/13548565211031041> (viitattu 03.10.2024).
- [23] *Make Portal's GLaDOS And Other Beloved Characters Say The Weirdest Things With This App - Game Informer*. url: <https://web.archive.org/web/20210118175543/https://www.gameinformer.com/gamer-culture/2021/01/18/make-portals-glados-and-other-beloved-characters-say-the-weirdest-things> (viitattu 17.02.2025).
- [24] N. C. published, "Make the cast of TF2 recite old memes with this AI text-to-speech tool", en, *PC Gamer*, tammikuu 2021. url: <https://www.pcgamer.com/make-the-cast-of-tf2-recite-old-memes-with-this-ai-text-to-speech-tool/> (viitattu 17.02.2025).
- [25] Sethisto, *Neat "Pony Preservation Project" Using Neural Networks to Create Pony Voices*, en. url: <https://www.equestriadaily.com/2020/03/neat-pony-preservation-project-using.html> (viitattu 17.02.2025).

- [26] S. Bender, "Generative-AI, the media industries, and the disappearance of human creative labour", *Media Practice and Education*, vol. 0, nro 0, s. 1–18, syyskuu 2023, Publisher: Routledge \_eprint: <https://doi.org/10.1080/25741136.2024.2355597>, ISSN: 2574-1136. DOI: 10.1080/25741136.2024.2355597. url: <https://doi.org/10.1080/25741136.2024.2355597> (viitattu 23.02.2025).
- [27] J. Mink, M. Wei, C. W. Munyendo ym., "It's Trying Too Hard To Look Real: Deepfake Moderation Mistakes and Identity-Based Bias", en, teoksessa *Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Honolulu HI USA: ACM, toukokuu 2024, s. 1–20, ISBN: 979-8-4007-0330-0. DOI: 10.1145/3613904.3641999. url: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3613904.3641999> (viitattu 03.10.2024).
- [28] A. Yamazaki, "Digital replicas and democracy: issues raised by the Hollywood actors' strike", en, *Humanities and Social Sciences Communications*, vol. 11, nro 1, s. 1–12, joulukuu 2024, Publisher: Palgrave, ISSN: 2662-9992. DOI: 10.1057/s41599-024-04204-w. url: <https://www.nature.com/articles/s41599-024-04204-w> (viitattu 20.02.2025).
- [29] M. Kitagawa ja B. Windsor, *MoCap for Artists: Workflow and Techniques for Motion Capture*. Oxford, UNITED KINGDOM: CRC Press LLC, 2008, ISBN: 978-0-08-087794-5. url: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/kutu/detail.action?docID=343614> (viitattu 17.02.2025).
- [30] *How a raccoon and a tree became the human heart of Guardians of the Galaxy*, en, Section: Entertainment, helmikuu 2015. url: <https://www.digitaltrends.com/movies/how-groot-and-rocket-were-made-in-guardians-of-the-galaxy/> (viitattu 05.03.2025).

- [31] *DeepMotion - AI Motion Capture & Body Tracking*, en. url: <https://www.deepmotion.com/> (viitattu 05.03.2025).
- [32] *Move AI*. url: <https://www.move.ai/> (viitattu 05.03.2025).
- [33] A. Team, *Is Motion Capture Expensive? How To Reduce The Cost Of Motion Capture?*, en-US, lokakuu 2023. url: <https://animost.com/ideas-inspirations/is-motion-capture-expensive/> (viitattu 05.03.2025).
- [34] *Liikkeenkaappausstudio | Aalto-yliopisto*, fi, maaliskuu 2018. url: <https://www.aalto.fi/fi/palvelut/liikkeenkaappausstudio> (viitattu 05.03.2025).
- [35] *Liikkeenkaappaus- eli mocap-studio | Metropolia*, fi. url: <https://www.metropolia.fi/fi/asiakastyot-ja-palvelut/liikkeenkaappaus-eli-mocap-studio> (viitattu 05.03.2025).
- [36] *Finland's first volumetric capture studio makes virtual reality feel more genuine*, en. url: <https://www.tuni.fi/en/news/finlands-first-volumetric-capture-studio-makes-virtual-reality-feel-more-genuine> (viitattu 05.03.2025).
- [37] J. Carpenter, *The Thing*, Elokuva, Universal Pictures, Turman-Foster Company, Province of BC, Ministry of Tourism, Film Promotion Office, 1982.
- [38] C. Cairnes ja C. Cairnes, *Late Night with the Devil*, Elokuva, Future Pictures, IFC Films, Shudder, 2024.
- [39] J. D. Santos, K. Powers ja J. K. Thompson, *Spider-Man: Across the Spider-Verse*, Elokuva, Columbia Pictures, Marvel Entertainment, Avi Arad Productions, 2023.
- [40] WIRED, *How Animators Created the Spider-Verse | WIRED*, maaliskuu 2019. url: [https://www.youtube.com/watch?v=1-wJKu\\_V2Lk](https://www.youtube.com/watch?v=1-wJKu_V2Lk) (viitattu 06.03.2025).

- [41] *Dictionary.com | Meanings & Definitions of English Words*, en, maaliskuu 2025. url: <https://www.dictionary.com/browse/uncanny-valley> (viitattu 09.03.2025).
- [42] S. Y. Kim, B. H. Schmitt ja N. M. Thalmann, "Eliza in the uncanny valley: anthropomorphizing consumer robots increases their perceived warmth but decreases liking.", eng, *Marketing Letters*, vol. 30, nro 1, s. 1–12, maaliskuu 2019, Publisher: Springer Nature, ISSN: 0923-0645. DOI: 10.1007/s11002-019-09485-9. url: <https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=5e170b7f-8fbc-3a88-8136-504e4d521928> (viitattu 23.03.2025).
- [43] P. J. Tyson, S. K. Davies, S. Scorey ja W. J. Greville, "Fear of clowns: An investigation into the aetiology of coulrophobia", *Frontiers in Psychology*, vol. 14, s. 1109466, helmikuu 2023, ISSN: 1664-1078. DOI: 10.3389/fpsyg.2023.1109466. url: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9931735/> (viitattu 23.03.2025).
- [44] F. Liu ja R. Wang, "Fostering Parasocial Relationships with Virtual Influencers in the Uncanny Valley: Anthropomorphism, Autonomy, and a Multigroup Comparison", *Journal of Business Research*, vol. 186, s. 115024, tammikuu 2025, ISSN: 0148-2963. DOI: 10.1016/j.jbusres.2024.115024. url: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0148296324005289> (viitattu 23.03.2025).
- [45] C.-C. Ho ja K. F. MacDorman, "Measuring the Uncanny Valley Effect", en, *International Journal of Social Robotics*, vol. 9, nro 1, s. 129–139, tammikuu 2017, Company: Springer Distributor: Springer Institution: Springer Label: Springer Number: 1 Publisher: Springer Netherlands, ISSN: 1875-4805. DOI: 10.1007/s12369-016-0380-9. url: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12369-016-0380-9> (viitattu 23.03.2025).

- [46] J.-P. Stein ja P. Ohler, ”Venturing into the uncanny valley of mind—The influence of mind attribution on the acceptance of human-like characters in a virtual reality setting”, *Cognition*, vol. 160, s. 43–50, maaliskuu 2017, ISSN: 0010-0277. DOI: 10.1016/j.cognition.2016.12.010. url: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010027716303055> (viitattu 23.03.2025).
- [47] Z. Sharf, ‘*Alien: Romulus*’ Director Fixed CGI Ian Holm for Home Release After ‘We Ran Out of Time to Get it Right’ for Theaters: ‘I Convinced the Studio to Spend the Money’, en-US, tammikuu 2025. url: <https://variety.com/2025/film/news/alien-romulus-director-fixed-cgi-ian-holm-home-release-1236271785/> (viitattu 23.03.2025).
- [48] D. Leone, *Terrifier*, Elokuva, Dark Age Cinema, 2018.
- [49] D. Leone, *Terrifier 2*, Elokuva, Dark Age Cinema, Fuzz on the Lens Productions, 2022.
- [50] D. Leone, *Terrifier 3*, Elokuva, Dark Age Cinema, Bloody Disgusting, Fuzz on the Lens Productions, 2024.
- [51] J. Stipidis, *Icing on the Cake: The Subtle and Surprising VFX Work in ‘Terrifier 2’*, en-US, joulukuu 2022. url: <https://bloody-disgusting.com/interviews/3745325/icing-on-the-cake-the-subtle-and-surprising-vfx-work-in-terrifier-2/> (viitattu 01.04.2025).
- [52] ‘*Terrifier 2*’ director on reports that horror sequel is making people vomit and faint, en, Section: EW. url: <https://ew.com/movies/terrifier-2-fainting-vomiting-art-the-clown/> (viitattu 20.02.2025).
- [53] TechCrunch, *TechCrunch Disrupt San Francisco 2019 - Day 1*, lokakuu 2019. url: <https://www.flickr.com/photos/techcrunch/48834070763/> (viitattu 15.04.2025).

- [54] Shamook, *Will Smith as Neo in The Matrix [DeepFake]*, syyskuu 2019. url: <https://www.youtube.com/watch?v=1h-yy3h1u04> (viitattu 15. 04. 2025).
- [55] *Alien: Romulus - AI Deepfake CGI Ian Holm Controversy*, en. url: <https://blog.vive.com/us/alien-romulus-controversial-ai-resurrection-sparks-debate/> (viitattu 03. 10. 2024).
- [56] R. Nebens, *DC Fans Are Disgusted by 1 Flash Movie Cameo from Dead Actor*, en, kesäkuu 2023. url: <https://thedirect.com/article/flash-movie-cameo-dead-actor-dc-cameo> (viitattu 03. 10. 2024).
- [57] *Sarasota Journal - Google News Archive Search*, kesäkuu 1959. url: <https://news.google.com/newspapers?id=EQMdAAAAIBAJ&pg=7331,1693817&dq=george+reeves+lenore+lemmon+i+told+you+so&hl=en> (viitattu 08. 01. 2025).
- [58] F. Rangel, *"When I'm F\*cking Dead, You Can Literally Do Anything": Kevin Smith Defends Controversial The Flash Cameos*, en, Section: Movies, kesäkuu 2023. url: <https://screenrant.com/the-flash-dead-actor-cameos-kevin-smith-response/> (viitattu 09. 04. 2025).
- [59] *Walt Disney revenue 2024*, en. url: <https://www.statista.com/statistics/273555/global-revenue-of-the-walt-disney-company/> (viitattu 20. 02. 2025).
- [60] R. Briandana, R. F. Marta, R. Mijan ja E. P. Fauzi, "The Ideology of Racism in Contemporary Hollywood Films on Netflix: A Case Study on "All the Boys I've Loved Before" Movie", en, *Jurnal Komunikasi Indonesia*, vol. 11, nro 1, s. 45–57, maaliskuu 2022, Publisher: Departemen Ilmu Komunikasi, FISIP Universitas Indonesia, ISSN: 2301-9816, 2615-2894. DOI: 10.7454/jkmi.v11i1.1025. url: <https://scholarhub.ui.ac.id/jkmi/vol11/iss1/5/> (viitattu 15. 04. 2025).

- [61] A. J. Weaver, "The Role of Actors' Race in White Audiences' Selective Exposure to Movies.", eng, *Journal of Communication*, vol. 61, nro 2, s. 369–385, huhtikuu 2011, Publisher: Oxford University Press / USA, ISSN: 0021-9916. DOI: 10.1111/j.1460-2466.2011.01544.x. url: <https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=2b6037fc-796a-35e2-af31-30d0e390f885> (viitattu 15.04.2025).
- [62] F. Tuoriniemi, "Elisions & Illusions of Queerness: What Sacrifices Are Made in Appeals to a Mass Audience?", en, *Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis. Studia de Cultura*, vol. 13, nro 3, s. 6–21, syyskuu 2021, Publisher: Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie, ISSN: 2083-7275, 2391-4432. DOI: 10.24917/20837275.13.3.1. url: <https://studiadecultura.up.krakow.pl/article/view/9201> (viitattu 15.04.2025).