



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Valtteri Pietiläinen

# Kolmiulotteisuus 2D-pelissä

## 2.5D- ja esirenderöity 3D-grafiikka

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Medianomi (AMK)

Viestintä

Opinnäytetyö

7.5.2020

Tekijä(t) Otsikko	Valtteri Pietiläinen Kolmiulotteisuus 2D-pelissä
Sivumäärä Aika	33 sivua + 1 liitettä 7.5.2020
Tutkinto	Medianomi (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Viestintä
Suuntautumisvaihtoehto	3D-animointi ja -visualisointi
Ohjaaja(t)	Lehtori Kristian Simolin
<p>Tässä opinnäytetyössä tulen tutkimaan 2.5D-grafiikan ja esirenderöidyn 3D-grafiikan käyttöä kaksiulotteisissa videopeleissä.</p> <p>Termiä 2.5D voidaan joskus käyttää myös polygonipohjaisesta kolmiulotteisesta pelistä, jossa pelin kamera on rajattu yhteen kuvakulmaan, mutta tässä opinnäytetyössä 2.5D-grafiikalla tarkoitetaan grafiikkaa, joka koostuu polygonien sijaan pikseleistä eli bittikarttagrafiikasta. Se voi olla polygoneista koostuvaa 3D-grafiikkaa, joka on esirenderöity bittikarttagrafiikaksi tai täysin kaksiulotteista grafiikkaa, johon tuodaan kolmiulotteisuutta käyttämällä ortografisia projektioita tai muita tekniikoita. Avaan käsitteiden määritelmiä tarkemmin opinnäytetyöni toisessa luvussa.</p> <p>Opinnäytetyöni viidessä ensimmäisessä luvussa käsitellään 2.5D-grafiikkaa, sen historiaa ja siihen liittyviä tekniikoita yleisellä tasolla. Kuudennessa luvussa käsittelen opinnäytetyöni projektiosuutta, jota varten tein esirenderöityä 3D-grafiikkaa hyödyntävän 2.5D-pelin. Käyn läpi tekoprosessin eri vaiheet ja yritän havainnollistaa aiemmin opinnäytetyössä käsiteltyjä tekniikoita käytännön esimerkkien kautta. Pelin pohjana käytin aikaisemmin kehittämäni pikseligrafiikalla toteutettua 2D-peliä.</p>	
Avainsanat	3D, 2.5D, 2D, grafiikka, projektiio

Author(s) Title	Valtteri Pietiläinen Three-dimensional space in a 2D game
Number of Pages Date	33 pages + 1 appendices 7 May 2020
Degree	Bachelor of Media
Degree Programme	Media Communication
Specialisation option	3D Animation and Visualization
Instructor(s)	Kristian Simolin, Senior Lecturer
<p>In this thesis I will examine the use of 2.5D graphics and prerendered 3D graphics in two-dimensional video games.</p> <p>The term 2.5D can sometimes also refer to polygon-based 3D games where the in-game camera has been restricted to two dimensions. However, in my thesis 2.5D graphics means bitmap graphics that consist of pixels instead of polygons. It can be 3D graphics that has been prerendered into a bitmap or fully two-dimensional graphics where the third dimension is brought in using graphical projections or other techniques. I will explain these definitions further in the second chapter of my thesis.</p> <p>In the first five chapters of my thesis I will go through the history and different techniques related to 2.5D graphics. In the sixth chapter I will tell about the project part of my thesis where I made a 2.5D game using prerendered 3D graphics. I will go through the different stages of the work process and attempt to demonstrate the previously explained techniques through concrete examples. The 2.5D game is based on a 2D game that I had previously developed.</p>	
Keywords	3D, 2.5D, 2D, graphics, projection

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Käsitteiden määrittely	2
2.1	2.5D-grafiikan määrittelystä	2
2.2	Keskeisimmät käsitteet	2
3	2.5D-peligrafiikka yleisesti	3
3.1	2.5D-peligrafiikan historia	3
3.2	2.5D-peligrafiikka nykyään	5
3.3	2.5D-peligrafiikan tulevaisuus	6
4	Kolmiulotteisuus 2D-pelimoottorissa	7
4.1	Perspektiiviprojektio	7
4.1.1	Yhden pakopisteen perspektiivi	8
4.1.2	Kahden pakopisteen perspektiivi	8
4.1.3	Kolmen pakopisteen perspektiivi	9
4.2	Yhdensuuntaisprojektio	10
4.2.1	$\frac{3}{4}$ -projektio	12
4.2.2	Isometrinen projektio	13
4.2.3	Renderöintijärjestys	14
4.3	Efektit ja tekniikat	15
4.3.1	Parallaksiefekti	15
4.3.2	Ilmaperspektiivi	15
4.3.3	Syväterävyys	16
5	Esirenderöity 3D-grafiikka	17
5.1	Esirenderöinnin hyödyt	19
5.2	Rajoitteet ja heikkoudet	19
6	Projektityö	20
6.1	3D-mallinnus, teksturointi ja animointi	21
6.2	Esirenderöinti 2.5D-grafiikaksi	22
6.3	Grafiikan jälkikäsitteily	23
6.4	Grafiikan siirtäminen pelimoottoriin	24
6.5	Yksinkertainen perspektiiviprojektio	25

7	Pohdinta	30
8	Lähteet	31

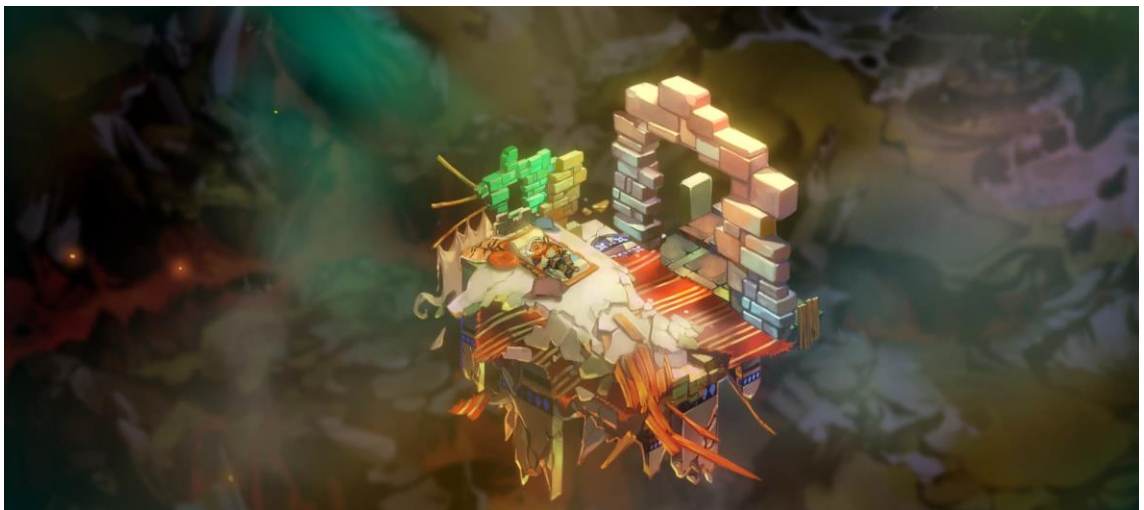
## 1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä tulen tutkimaan 2.5D-grafiikan ja esirenderöidyn 3D-grafiikan käyttöä kaksiulotteisissa videopeleissä. 2.5D-grafiikkaa käytetään ison budjetin peleissä enää harvoin, mutta se on edelleen yleistä esimerkiksi indie-peleissä ja mobiilipeleissä.

Termiä 2.5D voidaan käyttää myös kolmiulotteisesta pelistä, jonka kuvakulma on lukittu. Opinnäytetyössäni 2.5D-grafiikalla tarkoitetaan kuitenkin kaksiulotteista bittikarttagrafiikkaa, joka koostuu polygonien sijaan pikseleistä.

Esirenderöidyllä 3D-grafiikalla tarkoitetaan tässä opinnäytetyössä 3D-malleja, jotka on renderöity kaksiulotteiseksi bittikarttagrafiikaksi. Myös polygonipohjaisissa 3D-peleissä esimerkiksi valaistus, varjot ja välianimaatiot on usein renderöity etukäteen, mutta opinnäytetyössäni keskityn vain esirenderöinnin käyttöön 2.5D-peleissä.

Suurin osa suosituimmista pelimoottoreista tukee nykyään 3D-sisältöä, mutta jotkut 2D-pelimoottorit ovat edelleen suosittuja, erityisesti pienempien studioiden ja harrastelijoiden käytössä. Opinnäytetyöni projektiosuudessa käytin Construct 2 -pelimoottoria. Projektiosuutta lukuun ottamatta keskityn opinnäytetyössäni käsittelemään eri 2.5D-tekniikoita vain yleisellä tasolla, välttämällä menemistä sellaisiin teknisiin yksityiskohtiin, jotka riippuvat pitkälti käytettävästä pelimoottorista.



Kuvio 1. Kuvakaappaus pelistä Bastion. (Supergiant Games, 2020)

## 2 Käsitteiden määrittely

### 2.1 2.5D-grafiikan määrittelystä

2.5D-grafiikalle, josta käytetään myös termiä ”pseudo-3D” (Unger & Novak 2012, 133) ei ole olemassa täysin yksiselitteistä määritelmää, mutta yleensä sillä tarkoitetaan kaksiulotteista grafiikkaa, jolla pyritään luomaan illuusio kolmiulotteisuudesta tai syvyydestä.

Termiä 2.5D voidaan joissain yhteyksissä käyttää myös polygonipohjaisesta kolmiulotteisesta pelistä, jossa pelin kamera on rajattu yhteen kuvakulmaan tai sillä voidaan viitata kaksiulotteisen 3D-mallin (engl. plane) käyttöön 3D-pelissä esimerkiksi optimointisyistä.

Tässä opinnäytetyössä 2.5D-grafiikalla tarkoitetaan kuitenkin grafiikkaa, joka koostuu polygonien sijaan pikseleistä eli bittikarttagrafiikasta. Se voi olla 3D-grafiikkaa, joka on esirenderöity bittikarttagrafiikaksi tai täysin kaksiulotteista grafiikkaa, johon tuodaan kolmiulotteisuutta käyttämällä graafista projektiota, efektejä tai muita tekniikoita.

### 2.2 Keskeisimmät käsitteet

**2D-grafiikka** – Grafiikkaa, joka perustuu pikseleistä koostuviin bittikarttakuviin.

**3D-grafiikka / Polygonigrafiikka** – Tietokonegrafiikkaa, joka perustuu polygoneista koostuviin kolmiulotteisiin objekteihin.

**Polygoni** – Monikulmio, joka koostuu kolmesta tai useammasta verteksistä, eli pisteestä kolmiulotteisessa koordinaatistossa.

**Kuva / Kuvaobjekti** (engl. Sprite) – Objekti, joka koostuu kuvasta tai animaatiosta, esimerkiksi animoidusta hahmosta.

**Kuva-arkki** (engl. Spritesheet) – Iso kuvatiedosto, johon on koottu pienempiä kuvia yleensä pelin suorituskyvyn ja tiedostokoon optimoimiseksi.

**Perspektiiviprojektio** – Kolmiulotteisen tilan esittäminen perspektiivissä.

**Yhdensuuntaisprojektio** (engl. Parallel projection) – Kolmiulotteisen tilan esittäminen ilman perspektiiviä.

**¾-projektio** (engl. Top-Down projection) – Yhdensuuntaisprojektio, missä akselit ovat suorassa vertikaalisesti tai horisontaalisesti.

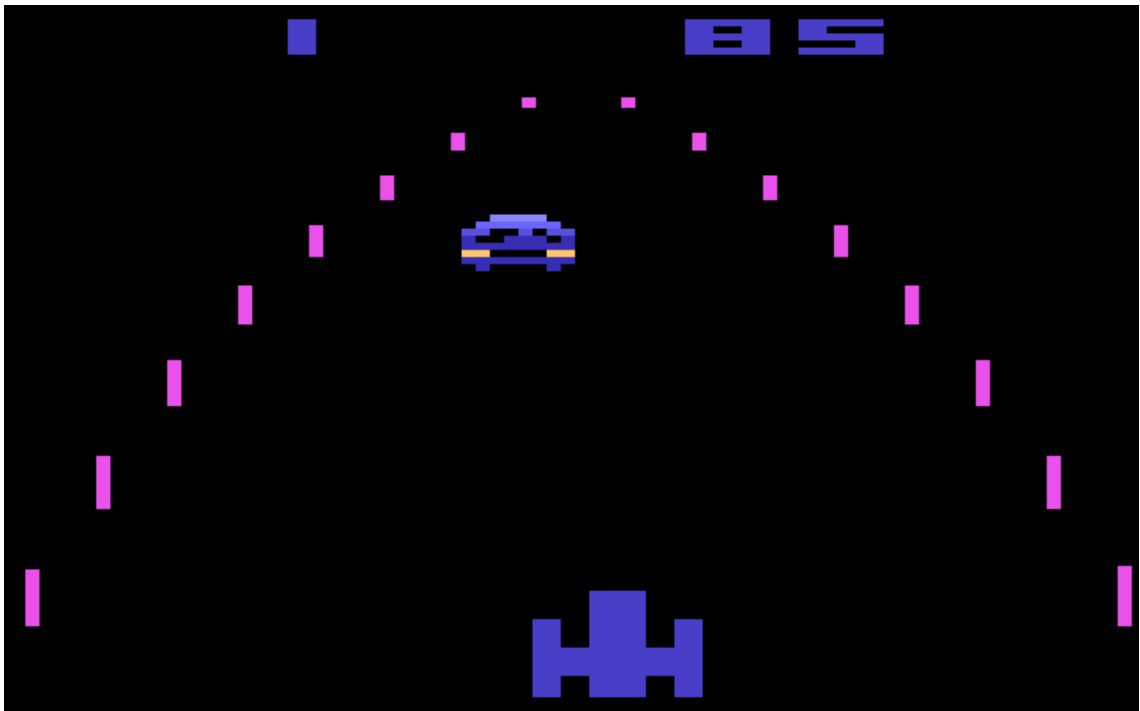
### 3 2.5D-peligrfiikka yleisesti

#### 3.1 2.5D-peligrfiikan historia

2.5D-pelien historia on hyvin pitkälti kytköksissä 3D-pelien historiaan, sillä kolmiulotteisuutta tavoiteltiin peleissä jo kauan ennen reaaliaikaisesti renderöityjen polygonipohjaisten 3D-pelien läpimurtoa.

Ensimmäiset 2.5D-pelit olivat pitkälti Arcade-pelejä. Varhaisimpia esimerkkejä olivat Taiton lentokonesimulaattori *Interceptor* (1975), sekä ajopelit kuten Segan *Moto-cross* (1976) ja Atarin *Night driver* (1976).

Vuonna 1979 julkaistiin *Speed Freak* niminen peli, jossa käytettiin pikseligrfiikan sijaan vektorigrfiikkaa. Vektorigrfiikkaan pohjautuvia 2.5D-pelejä voi pitää ensimmäisenä merkinä pelien jakautumisesta polygonigrfiikkaan pohjautuviin 3D-peleihin ja pikseligrfiikkaan pohjautuviin 2D-peleihin.



Kuvio 2. Kuvakaappaus Atarin Night Driver -pelistä. (The Video Game Critic, 2009)



Teknisistä rajoitteista johtuen 3D-pelit eivät kuitenkaan vielä tehneet läpimurtoa 80-luvulla. Pikseligrafiikalla sen sijaan pystyttiin tekemään yhä yksityiskohtaisempia ja värikkäämpiä 2.5D-pelejä, kuten Pole Position (1981) ja Space Harrier (1985).



Kuvio 3. Vuonna 1981 julkaistu Pole Position. (Strategywiki, 2007)



Kuvio 4. 1985 julkaistu Space Harrier. (Strategywiki, 2016)

90-luvulla tapahtui polygonipohjaisten 3D-pelien läpimurto, mutta kaksiulotteista grafiikkaa käytettiin peleissä edelleen usein. (Wikipedia, 2020a)

Vuosituhanen vaihteen jälkeen 3D-peligrafiikka kehittyi entisestään ja 2.5D-grafiikkaa käytettiin ison budjetin peleissä yhä harvemmin. Käsikonsoleissa käytettiin kuitenkin edelleen pikseligrafiikkaa, samoin kuin puhelimissa, joista tuli myös tärkeitä pelilaitteita värinäyttöjen ja myöhemmin älypuhelimien yleistyttyä.

### 3.2 2.5D-peligrafiikka nykyään

3D-grafiikan kehityksen ja tietokoneiden laskentatehon kasvun myötä 2.5D-grafiikkaa käytetään ison budjetin peleissä enää harvoin. Erityisesti pienet pelistudiot ja harrastelijat kehittävät kuitenkin edelleen paljon 2D- ja 2.5D-pelejä. Joskus syynä on tietoinen taiteellinen valinta ja peleissä saatetaan mukailla esimerkiksi vanhojen klassikkopelien visuaalista tyyliä. Toisaalta kaksikulotteiset pelit ovat usein myös teknisesti helpompia ja kehityskustannuksiltaan halvempia toteuttaa. Myös monissa mobiilipeleissä käytetään esirenderöityä 3D-grafiikkaa, jotta pelit pyörisivät hyvin myös pienempitehoisilla mobiililaitteilla.



Kuvio 5. Supercellin Clash of Clans-pelissä 3D-mallit on esirenderöity. (Supercell, 2020)

Suurin osa suosituimmista pelimoottoreista tukee nykyään 3D-sisältöä, kuten Unity ja Unreal Engine 4. Jotkut 2D-pelimoottorit ovat kuitenkin edelleen suosittuja, erityisesti pienempien studioiden, indie-pelinkehittäjien ja harrastelijoiden käytössä. Tämänlaisia pelimoottoreita ovat esimerkiksi Construct, Clickteam Fusion, Stencyl ja RPG Maker. (Wikipedia, 2020b) Lisäksi esimerkiksi Game Maker Studiota käytetään pääasiassa 2D-

pelien kehitykseen, koska pelimoottorin 3D-ominaisuudet ovat varsin rajoittuneita verrattuna isoihin 3D-pelimoottoreihin kuten Unityyn ja Unreal Engineen.

2D-pelimoottoreiden etuna on nykyään lähinnä se, että ne ovat usein yksinkertaisempia käyttää, lisenssiltään edullisempia ja myös laitevaatimukset ovat alhaisemmat. Esimerkiksi Construct-pelimoottoria voi käyttää myös mobiililaitteilla tai nettiselaimessa.

### 3.3 2.5D-peligrafiikan tulevaisuus

Tulevaisuudessa tarve esirenderöidylle 3D-grafiikalle tulee luultavasti vähentymään, mobiililaitteiden tehojen kasvaessa ja pilvipelaamisen mahdollisen yleistymisen myötä. Esimerkiksi Googlen Stadia-palvelussa kaikki prosessointi hoidetaan Googlen palvelimilla, jolloin suorituskyky ei riipu käytettävästä laitteesta. (Pino, 2019)



Kuvio 6. Googlen Stadia-palvelu mahdollistaa laskennallisesti raskaidenkin 3D-pelien pelaamisen mobiililaitteilla, sillä prosessointi tapahtuu palvelimen puolella. (Techmalak, 2019)

2D- ja 2.5D-pelejä kehitetään varmasti jatkossakin tietoisena tyyliävalintana. Monet 3D-pelit ovat edelleen kustannuksiltaan liian kalliita kehittää pienille studioille, tosin esimerkiksi tekoälyn kehityksen odotetaan nopeuttavan huomattavasti 3D-mallien mallintamista ja animointia.



## 4 Kolmiulotteisuus 2D-pelimoottorissa

Kaksiulotteisessa näkymässä voidaan luoda illuusio kolmiulotteisuudesta tai syvyydestä käyttämällä useita erilaisia tekniikoita. Tässä luvussa käyn niitä läpi, keskittyen erityisesti niihin tekniikoihin, jotka ovat edelleen yleisesti käytössä.

### 4.1 Perspektiiviprojektio

Perspektiivillä tarkoitetaan kolmiulotteisen vaikutelman luomista kohteiden sijainnista ja etäisyydestä, sekä sen luomista kuvassa eri keinoin. (Vakkari, 2015) Kaksiulotteisessa kuvassa ja myös 3D-grafiikassa kolmas ulottuvuus on aina illuusio.

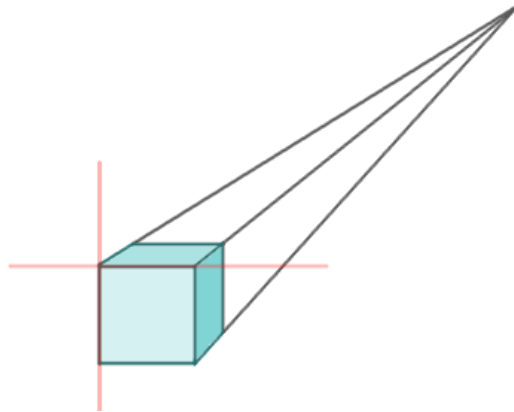
Perspektiiviprojektio on yleisin käytetty projektio polygonipohjaisissa 3D-peleissä, mutta kaksiulotteisissa peleissä sitä käytetään nykyään vain harvoin, sillä liikettä ja erityisesti kuvakulman kääntymistä on huomattavan hankalaa projisoida oikein kaksiulotteiselle kuvatasolle. Lisäksi tarvittavien 2D-kuvien määrä kasvaisi valtavaksi, mikä ei ole suotavaa jo pelkästään suuren tiedostokoon vuoksi.

2.5D-pelit onkin lähes aina kuvattu vain yhdestä muuttumattomasta kuvakulmasta. Jos 2.5D-pelissä haluaa käyttää perspektiiviprojektiota, yhden pakopisteen perspektiivi on helpoin toteuttaa. Mikäli pelissä ei liikuta millään akselilla, taustan voi ongelmitta piirtää myös kahden tai kolmen pakopisteen perspektiiviin.



Kuvio 7. Yksinkertainen perspektiiviprojektio pelissä Puzzle & Dragons. (Carmichael, 2013)

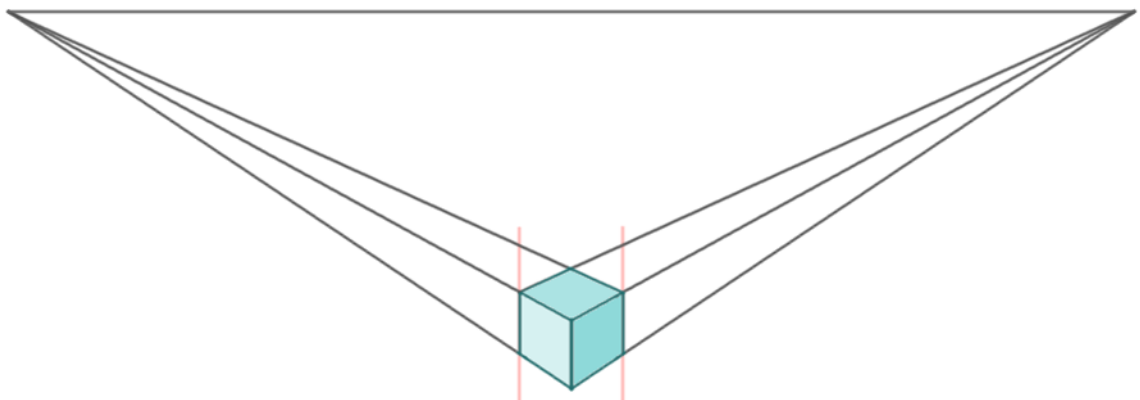
#### 4.1.1 Yhden pakopisteen perspektiivi



Kuvio 8.

Yhden pakopisteen perspektiivissä on vain yksi pakopiste horisontissa, jota kohti syvyysakselin viivat kulkevat.

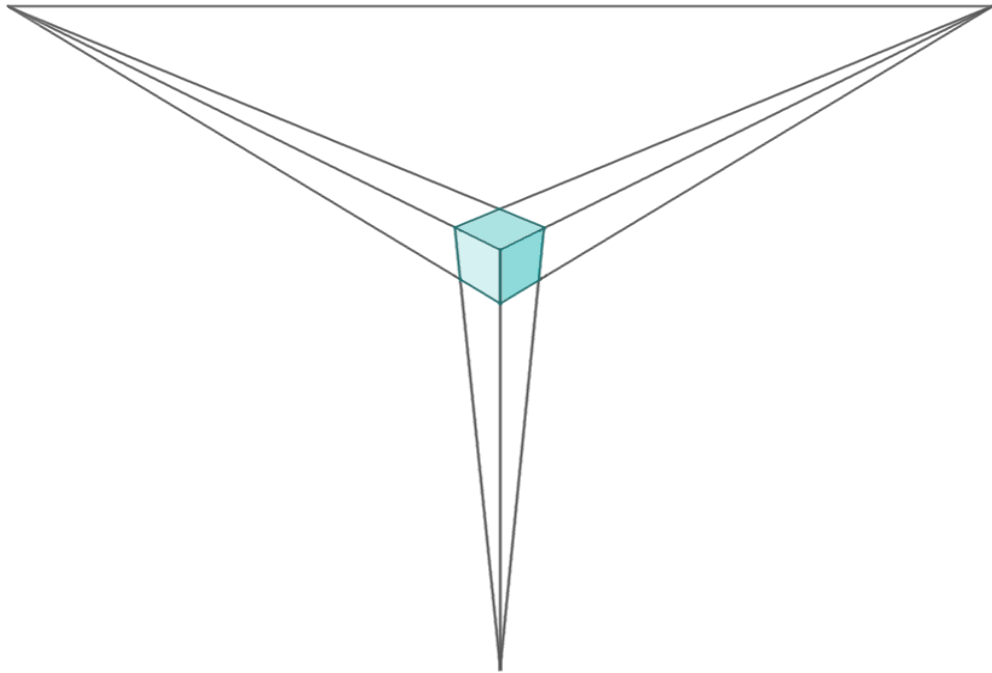
#### 4.1.2 Kahden pakopisteen perspektiivi



Kuvio 9.

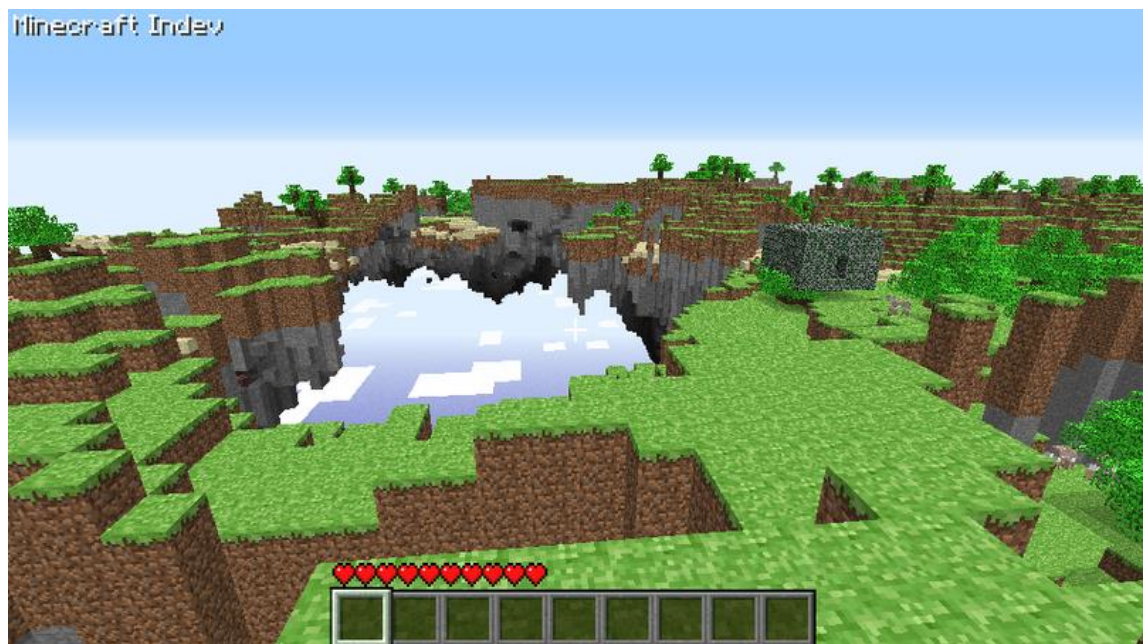
Kahden pakopisteen perspektiivissä pystyakselin viivat kulkevat suoraan ylöspäin ja kahden muun akselin viivat kulkevat kohti omaa pakopistettään.

#### 4.1.3 Kolmen pakopisteen perspektiivi



Kuvio 10.

Kolmen pakopisteen perspektiivissä viivat kulkevat pakopistettä kohti kaikilla kolmella akselilla.

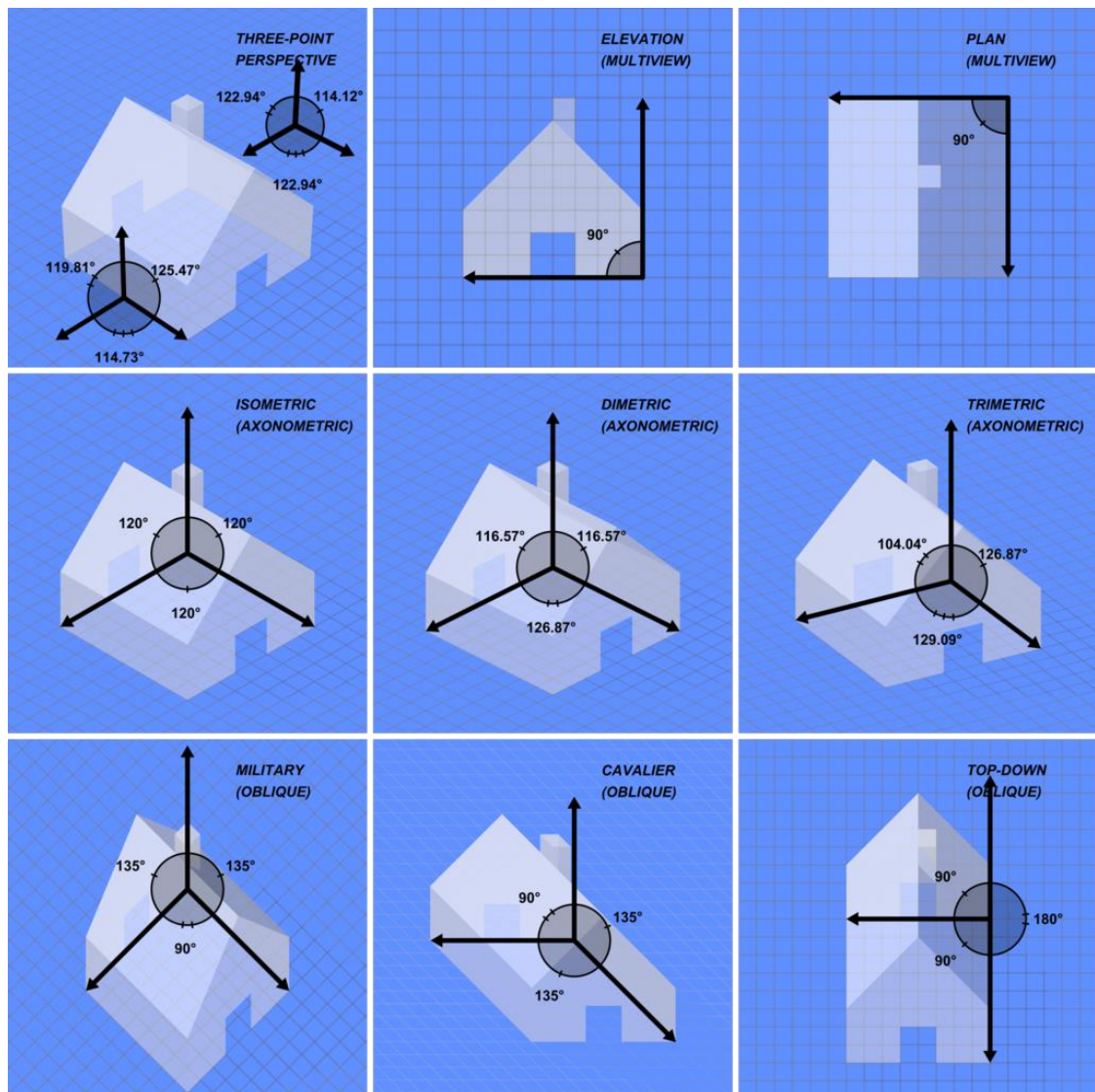


Kuvio 11. Kolmen pakopisteen perspektiivi pelissä Minecraft. (Minecraft Wiki, 2018)



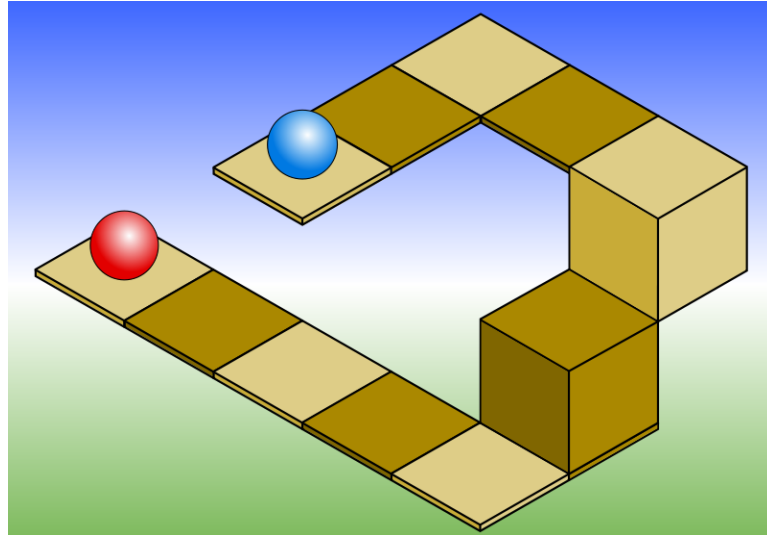
## 4.2 Yhdensuuntaisprojektio

Kolmiulotteisia tiloja voidaan kuvata myös yhdensuuntaisprojektiolla (engl. parallel projection). Yhdensuuntaisprojektiot tunnustaa siitä, että niistä puuttuu kokonaan perspektiivi ja siten koko kolmiulotteinen avaruus voidaan projisoida kaksiulotteiseen kuvatasoon. Pelimaailmassa yhdensuuntaisprojektioista käytetyimpiä ovat isometrinen projektio ja ”top-down”-projektio. Suurin osa esirenderöityä 3D-grafiikkaa käyttävistä 2.5D-peleistä on projisoitu jollain yhdensuuntaisprojektiolla.



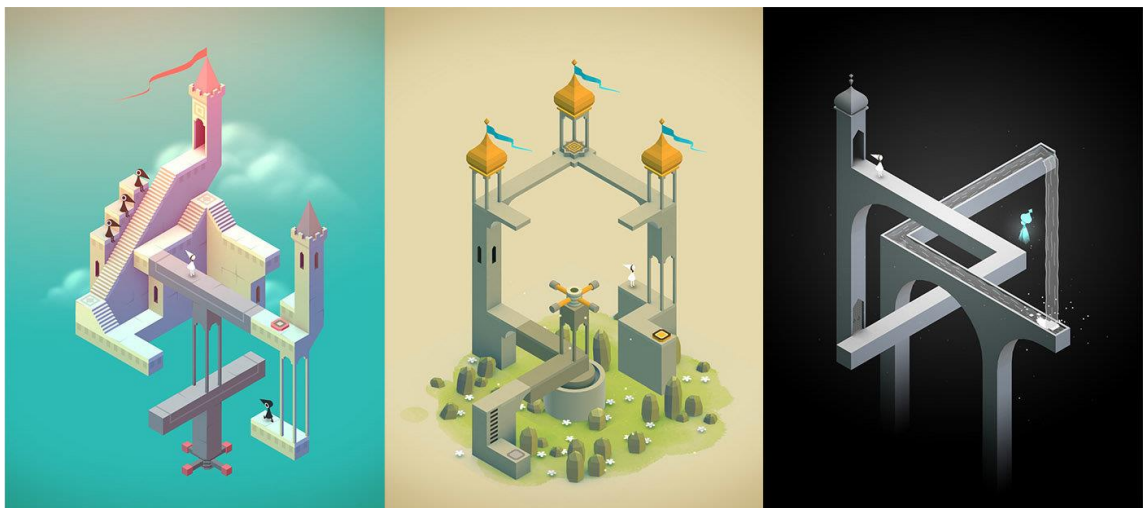
Kuvio 12. Esimerkkejä yhdensuuntaisprojektioista (SharkD, 2009)

Perspektiivin puutteesta johtuen, yhdensuuntaisprojektiolla kuvatut kohteet ovat aina saman kokoisia, riippumatta niiden sijainnista. Tämä vääristymä voi joskus johtaa tilanteisiin missä esimerkiksi korkeutta tai syvyyttä ei pysty kunnolla hahmottamaan.



Kuvio 13. Sininen pallo on punaista palloa korkeammalla tasolla, mutta koska perspektiiviä ei ole, pallot vaikuttavat olevan samalla korkeudella. (Algr, Icey 2006)

Toisaalta, kun vääristymän ottaa huomioon, sitä voi välttää tai käyttää myös hyödyksi. Esimerkiksi Monument Valley -pelisarjassa hyödynnetään isometrisen projektion mahdollistamia mahdottomia rakennelmia. Pelisarja on ottanut paljon vaikutteita etenkin hollantilaisen kuvataiteilija M.C. Escherin piirrustuksista. (Wong, 2013)



Kuvio 14. Monument Valley -pelissä käytetään luovasti hyväksi isometrisen projektion mahdollistamia mahdottomia rakennuksia. (Dent, 2015)



#### 4.2.1 ¾-projektio

¾-projektiossa (engl. top-down tai three-quarter projection) pelimaailma kuvataan ylhäältä, yleensä noin 45 asteen kulmasta. Akselit ovat kaikki suorassa vertikaalisesti tai horisontaalisesti toisin kuin isometrisessä projektiossa. Skaalaa on usein litistetty joko syvyys- tai korkeusakselilla, joten projektio vääristää jonkun verran mittasuhteita toisin kuin isometrinen projektio.



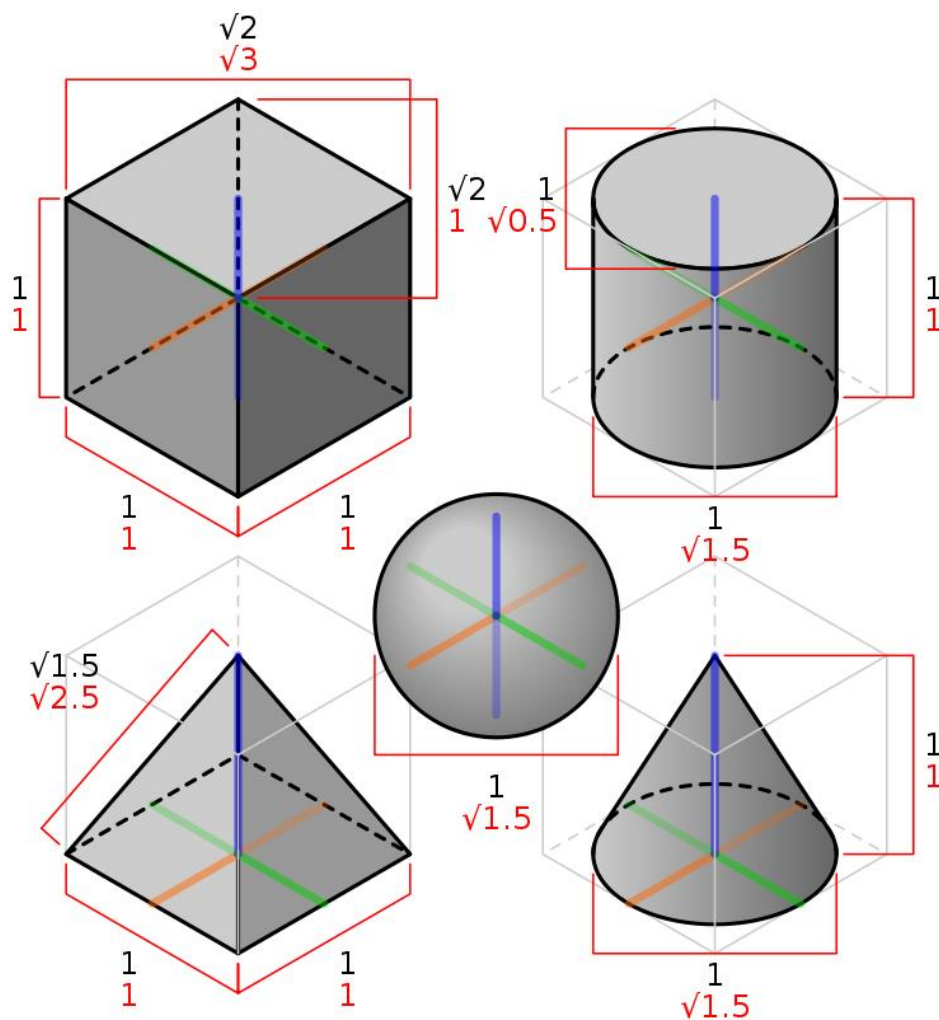
Kuvio 15. ¾-projektio pelissä Eastward. (PixPil Games, 2020)

Projektiolla on myös etuja verrattuna moniin muihin yhdensuuntaisprojektiioihin. Koska akselit ovat suorassa, objektit saa pakattua tiiviimmin kuva-arkkiin, mikä mahdollistaa tiedostokokojen paremman optimoinnin. Myös monet ohjelmoinnilliset asiat ovat yksinkertaisia toteuttaa, koska pelimaailman pohjana voi käyttää normaalia ruudukkoa.

#### 4.2.2 Isometrinen projektiio

Isometrisessä projektiossa kaikkien akselien suuntaiset viivat ovat samassa skaalassa ja akselien väliset kulmat ovat 120 astetta. Termi on lähtöisin kreikan kielestä sanasta *isométrētos* ja tarkoittaa samanmittaista. (Wiktionary, 2020)

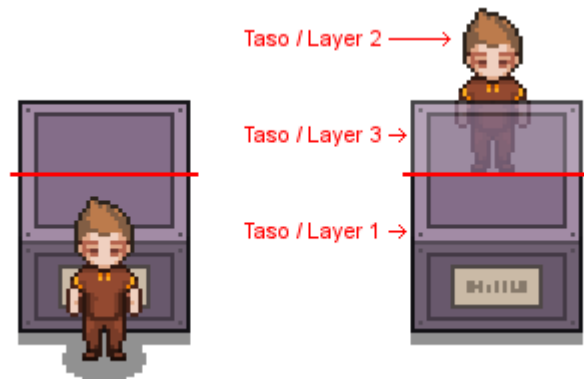
Videopeleistä puhuttaessa isometrisyydellä viitataan kuitenkin usein myös muihin ortografisiin yhdensuuntaisprojektiioihin, jotka muistuttavat hieman isometristä projektiota, kuten dimetriseen, trimetriseen tai kavaljeeriprojektiioon ja joskus jopa kaikkiin yhdensuuntaisprojektiioihin.



Kuvio 16. Isometrisellä projektioilla kuvattuja kolmiulotteisia kappaleita. (Cmglee, 2011)

### 4.2.3 Renderöintijärjestys

Jotta pelaaja voi liikkua uskottavasti pelin 2.5D-avaruudessa, täytyy pitää huolta oikeasta renderöintijärjestyksestä eli missä järjestyksessä pelin graafisia elementtejä näytetään. Helpoin tapa on jakaa elementit kolmelle eri tasolle, niin että yksi taso on pelaajan edessä ja yksi takana.



Kuvio 17. Kuvassa laatikon etuala on tasolla 1, pelaaja tasolla 2 ja taka-ala tasolla 3. Punainen viiva kuvaa laatikon takareunaa, jonka yli pelaaja ei pysty liikkumaan.

Usein etualan ja taka-alan jakaminen omille tasoilleen ei kuitenkaan onnistu, koska kohde on liian pieni tai kapea. Jos alla olevan laatikon taka-ala olisi omalla tasollaan, se peittäisi osan pelaajasta silloin kun pelaaja on laatikon edessä. Ongelma voidaan ratkaista vaihtamalla pelaajan ja laatikon järjestystä pelaajan liikkuessa punaisen viivan yli.

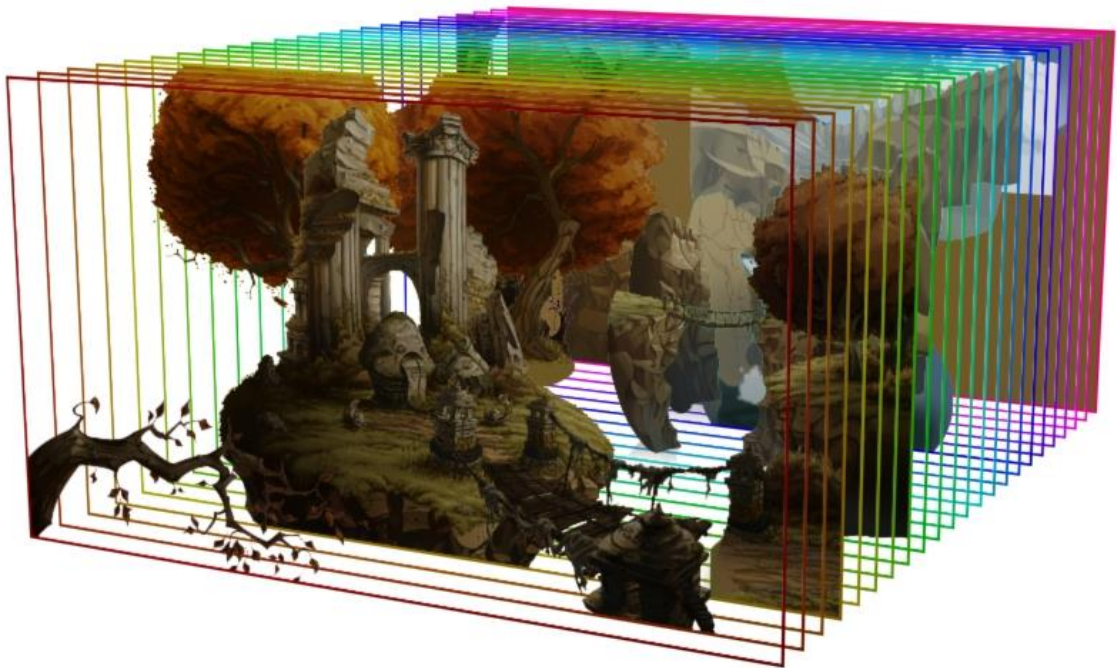


Kuvio 18. Jos laatikon taka-ala olisi omalla tasollaan, se peittäisi osan pelaajasta tämän ollessa laatikon edessä. Siksi pelaajan ja laatikon järjestystä tulee muuttaa.

## 4.3 Efektit ja tekniikat

### 4.3.1 Parallaksiefekti

Kaksiulotteisissa peleissä yleisin 2.5D-efekti on parallaksiefekti (engl. parallax scrolling), jossa tausta koostuu useista eri nopeudella liikkuvista tasoista, luoden illuusion syvyydestä. Tekniikkaa käytetään eniten etenkin sivulta kuvatuissa (engl. sidescrolling) peleissä.



Kuvio 19. Havainnekuva parallaksiefektiin käytetyistä tasoista pelistä The Whispered World. (Paletta, 2009)

### 4.3.2 Ilmaperspektiivi

Parallaksiefektin lisäksi, kuvan syvyyttä ja kolmiulotteisuutta voidaan lisätä ilmaperspektiivillä. Efekti saadaan aikaan värittämällä kauempana olevat kohteet haaleammalla ja sinertävämmällä värisävyllä kuin edessä olevat kohteet. Luonnossa ilmaperspektiivi johtuu ilmakehän molekyylien vaikutuksesta valonsäteisiin, mistä johtuen kaukana horison-tissa olevat kohteet näkyvät haaleampana ja usein sinertävänä, sillä sinisen valon aallonpituus on kaikista lyhin. (Muscato, 2016)





Kuvio 20. Ilmaperspektiivi pelissä Iconoclasts. (Sandberg, 2018)

#### 4.3.3 Syväterävyys

Syväterävyys on etenkin valokuvauksesta tuttu efekti, missä kohteiden terävyys riippuu niiden etäisyydestä kamerasta. Syväterävyyssalue muodostuu sen perusteella, minkälaisella aukolla valokuva on otettu. Peleissä syväterävyydellä voidaan korostaa taustan olevan kauempana ja kohdentaa pelaajan huomio pelikentän etualaan.



Kuvio 21. Bastion-pelin taustoissa on hyödynnetty syväterävyyttä ja parallaksiefektiä. (Supergiant Games, 2020)

## 5 Esirenderöity 3D-grafiikka



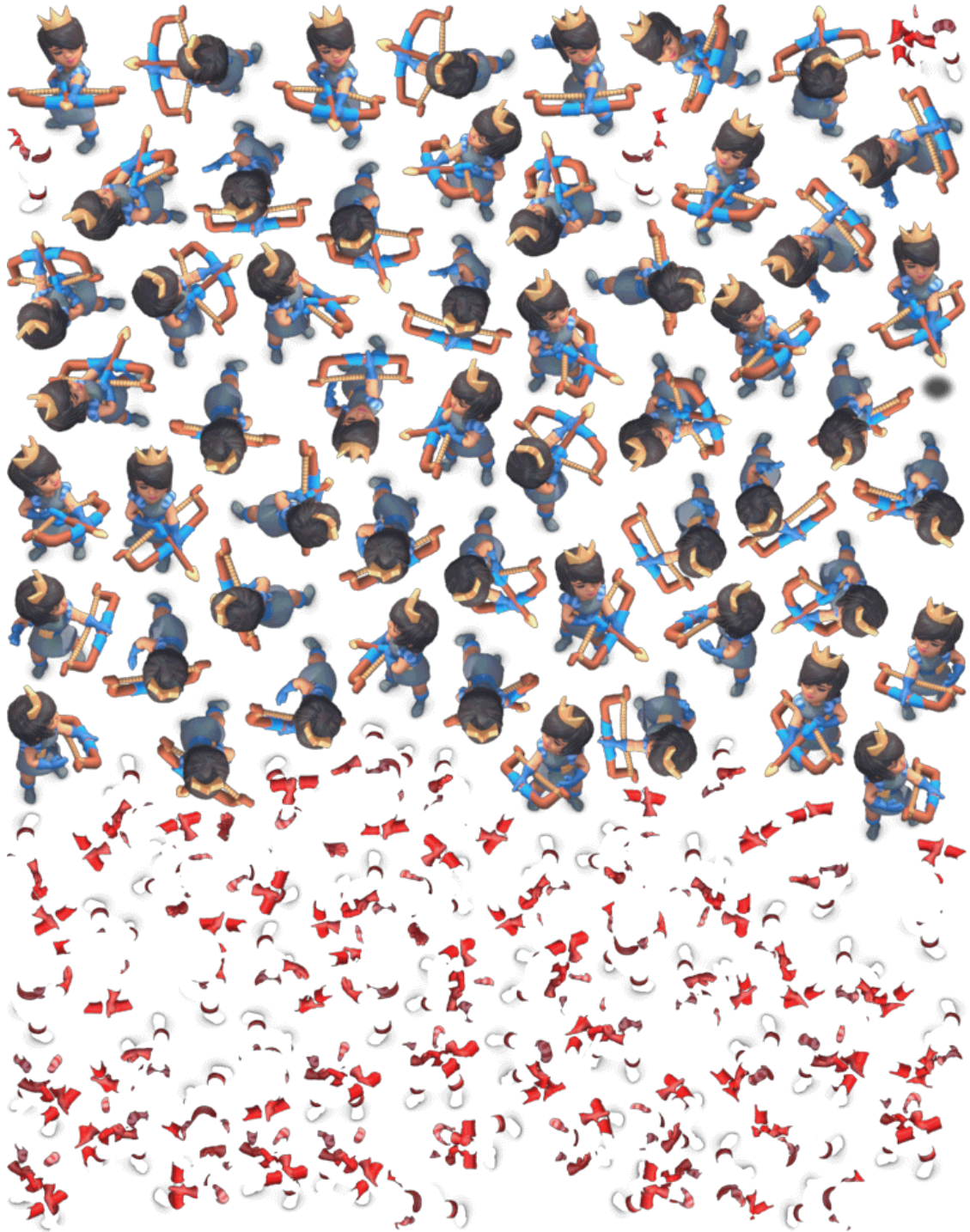
Kuvio 22. Esirenderöityä 3D-grafiikkaa Supercellin Clash Royale-pelissä. (Fourjr 2017)

Esirenderöidyllä grafiikalla tarkoitetaan grafiikkaa, jota ei renderöidä reaaliaikaisesti. Monissa 3D-peleissä esimerkiksi välianimaatiot tai valaistus on renderöity etukäteen, koska niiden laskeminen reaaliajassa halutulla laadulla olisi liian raskasta nykyisille tietokoneille.

2.5D-peleissä myös 3D-mallit on yleensä renderöity valmiiksi 2D-kuviksi. Näin tehdään yleisesti etenkin mobiilipeleissä, sillä mobiililaitteiden laskentateho on huomattavasti normaalia tietokonetta heikompi. Lisäksi pelien halutaan yleensä pyörivän sujuvasti myös hieman vanhemmilla tai halvemmilla laitteilla, jotta saavutettaisiin mahdollisimman suuri pelaajakunta. Suosittuja mobiilipelejä, joissa käytetään esirenderöityä 3D-grafiikkaa ovat esimerkiksi Supercellin Clash of Clans ja Clash Royale (Jordan, 2012).



Useamman kuvan tai animaation kuvaruudun voi tallentaa samaan kuvatiedostoon eli kuva-arkkiin. On kuitenkin tärkeää, että kuvien välillä on vähintään 1 läpinäkyvä pikseli, jotta kuvaan ei vuoda pikseleitä muualta kuva-arkista. (Kelly, 2012. 113)



Kuvio 23. Esirenderöity hahmo Supercellin Clash Royale-pelistä. (Tcrf.net, 2018)

## 5.1 Esirenderöinnin hyödyt

Esirenderöidyn grafiikan suurin etu on se, että 3D-mallit voidaan mallintaa hyvin yksityiskohtaisesti isoillakin polygoni-määrillä ja suurimmalta osalta etenkin 3D-mobiilipeleissä normaalisti välttämättömästä optimoinnista vältytään. Myöskään tekstuuriin, valaistukseen, simulaatioiden tai läpinäkyvyyden vaikutuksesta pelin suorituskykyyn ei tarvitse huolehtia samalla tavalla mitä polygonipohjaisissa 3D-peleissä. Kun 3D-mallit on kerran mallinnettu laadukkaasti, samoja malleja voidaan käyttää hyödyksi myös pelin trailerissa tai muussa markkinointimateriaalissa.

Koska renderöinti tapahtuu kokonaan 3D-ohjelmassa ja pelimoottoriin viedään vain kaksiulotteisia kuvia, rigien tai animaatioiden yhteensopivuudesta pelimoottorin kanssa ei tarvitse huolehtia.

## 5.2 Rajoitteet ja heikkoudet

Esirenderöidyssä grafiikassa on myös omat haasteensa. Koska esimerkiksi animoidun hahmon jokainen kuvaruutu täytyy renderöidä omaksi kuvakseen, esirenderöity grafiikka vie usein huomattavasti enemmän tilaa levyllä kuin polygoneihin pohjautuva grafiikka, varsinkin jos objektit ovat kovin isoja tai niissä on pitkiä animaatioita. Joissain mobiilipeleissä grafiikat ovatkin pelipalvelimen puolella, jolloin varsinaisen applikaation tiedostokoko voidaan pitää melko pienenä.

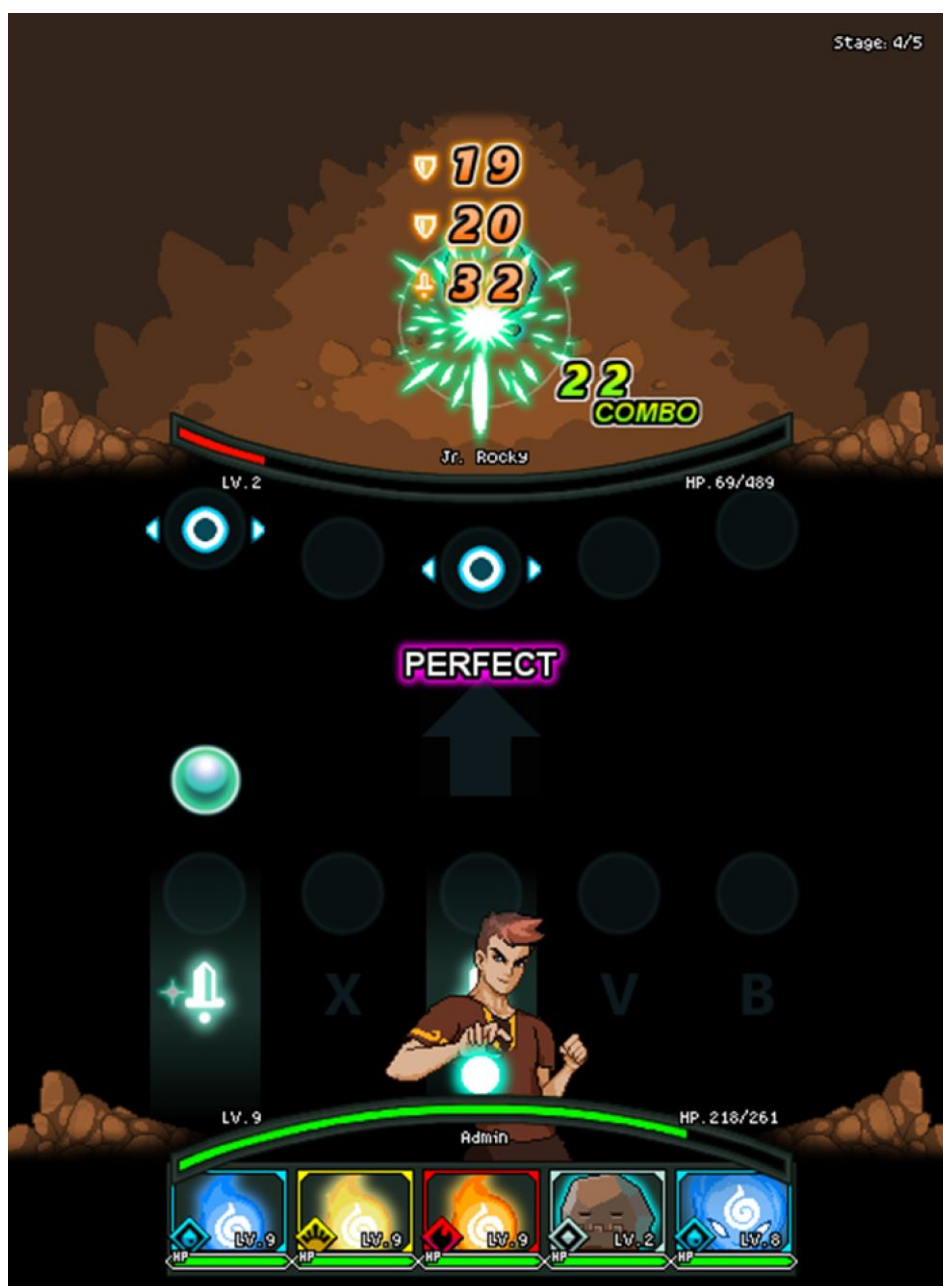
Jotta renderöitävien kuvien määrä voidaan pitää kohtuullisena, pelin kuvakulma on yleensä täysin lukittu. Tästä syystä esirenderöintiä käytetään nykyään lähinnä vain ortografista projektiota käyttävissä peleissä.

Esirenderöity valaistus ei myöskään reagoi pelaajan liikkeisiin millään tavalla, mikä osaltaan vähentää pelin realistisuutta. Sama ongelma on tosin ollut pitkään myös 3D-peleissä, sillä reaaliaikainen säteenseuranta (engl. ray tracing) on pystytty toteuttamaan kunnolla vasta viime vuosina. Esirenderöinnin sijaan valaistusta ja varjoja voi luoda kaksiulotteiseen grafiikkaan myös erikoisefektien ja shadereiden avulla.



## 6 Projektityö

Opinnäytetyöni projektiosuudessa tavoitteenani oli tehdä esirenderöityä 3D-grafiikkaa hyödyntävä 2.5D-peli. Peli toteutettiin Construct 2 -pelimoottorilla, joka ei (ilman lisäosia) tue 3D-grafiikkaa. Pelin pohjana käytin omaa kehitteillä olevaa peliäni, joka on toteutettu 2D-pikseligrafiikalla. Tämä nopeutti toteutusta huomattavasti, sillä pelin varsinaiseen koodiin täytyi tehdä vain pieniä muutoksia ja pystyin keskittymään varsinaiseen tutkimuksen kohteeseen eli esirenderöidyn 3D-grafiikan käyttöön.



Kuvio 24. Kuvakaappaus kehittämästäni 2D-pelistä, jota käytin 2.5D-pelin pohjana.

## 6.1 3D-mallinnus, teksturointi ja animointi

Mallinsin pelin 3D-hahmot ja taustat Maya- ja Blender-ohjelmissa. Käsittelen 3D-mallien mallinnusta, rigausta ja animaatiota vain lyhyesti, sillä se ei ole opinnäytetyöni aiheen kannalta oleellista ja mallinnuksen eri vaiheet riippuvat usein myös käytettävästä ohjelmasta. Käytetyllä mallinnusohjelmalla ei oikeastaan tässä tapauksessa ole edes merkitystä, koska grafiikka renderöidään lopulta kaksiulotteiseen muotoon.



Kuvio 25. Rigattu hahmo Maya-ohjelmassa.

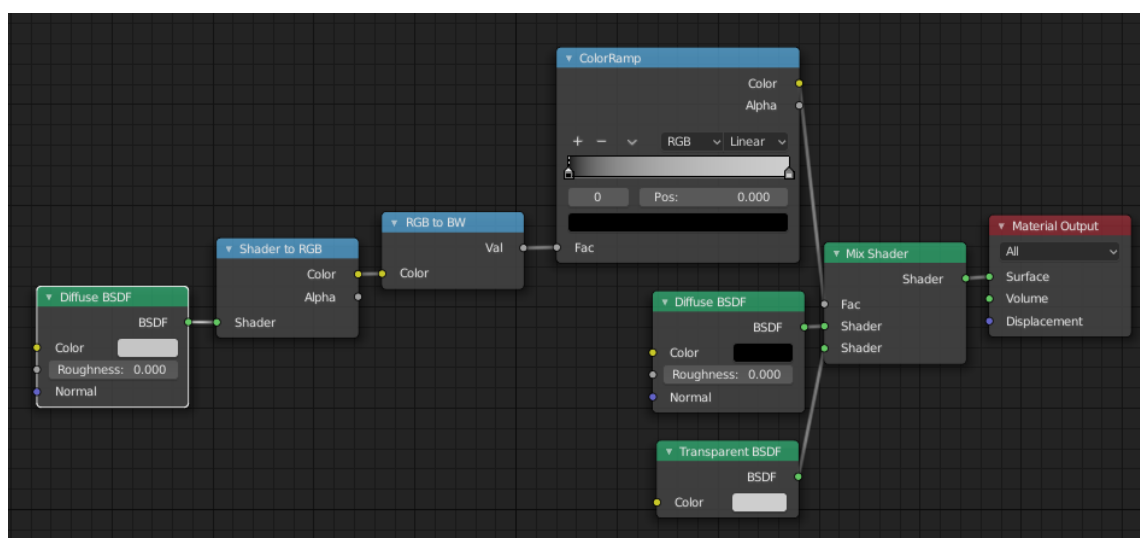
Päätin keskittyä mallintamaan melko yksinkertaisia hahmoja, jotta säästäisin aikaa ja voisin mallintaa helposti useamman hahmon.

Kun hahmot oli rigattu, animoin seuraavaksi jokaiselle hahmolle idle-, hyökkäys- ja osuma-animaatiot. Tein kaikki samaan tiedostoon, sillä pystyin helposti erottelemaan animaatiot, kun ne oli renderöity 2D-kuviksi.

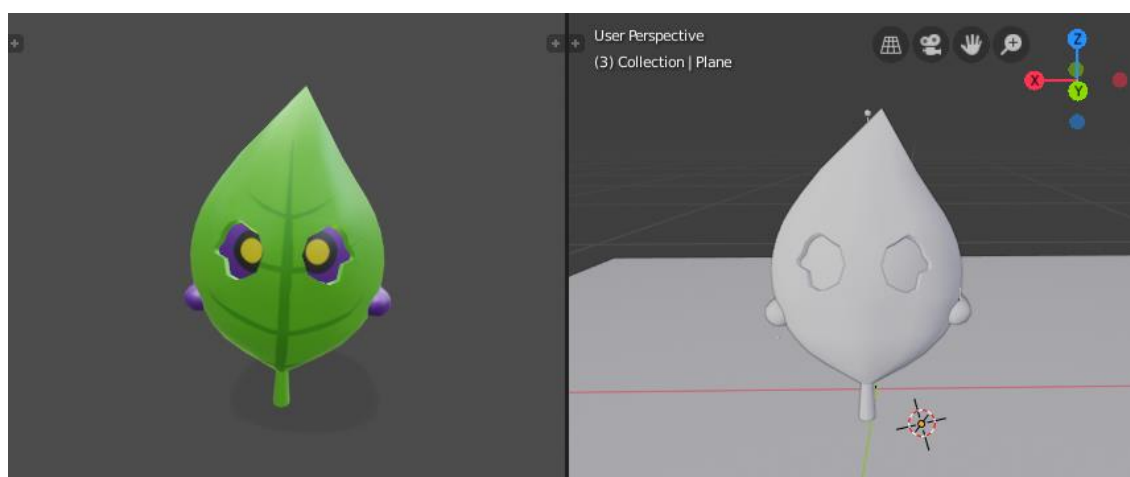
## 6.2 Esirenderöinti 2.5D-grafiikaksi

Siirsin animoidut hahmot fbx-muodossa Blenderiin, jota olin päättänyt käyttää grafiikan renderöintiin. Säädin valaistuksen ja muut asetukset halutunlaiseksi, jonka jälkeen piti enää selvittää, miten saisin renderöityä hahmojen varjot läpinäkyvälle taustalle.

Tein projektiin normaalin plane-objektin, jota vasten varjo heijastuu. Seuraavaksi tein plane-objektille uuden materiaalin. Tähän materiaalin yhdistin Diffuse- ja Transparent-shaderit alla olevassa kuvassa havainnollistetulla tavalla.

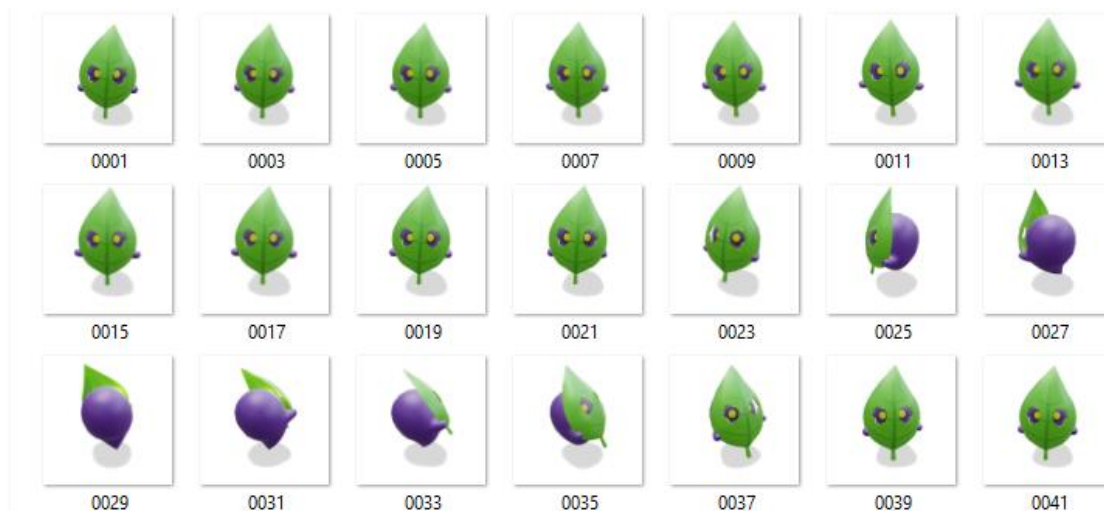


Kuvio 26. Materiaaliasetukset Blender-ohjelmassa.



Kuvio 27. Materiaaliasetusten ollessa oikein, plane-objekti katoaa näkyvistä ja näkyviin jää vain hahmon varjo.

Seuraavaksi renderöin hahmon kaikki animaatiot. Renderöitävien kuvien määrässä pitää tasapainotella sen välillä miltä animaatio näyttää ja mikä on järkevää tilan käyttöä. Päädyin renderöimään 12 kuvaa sekunnissa, sillä liike oli mielestäni tarpeeksi sulavaa ja perinteinen 24 kuvan animaatio olisi vienyt tuplasti enemmän tilaa.



Kuvio 28. 3D-hahmon animaatio renderöitynä 2D-kuviksi.

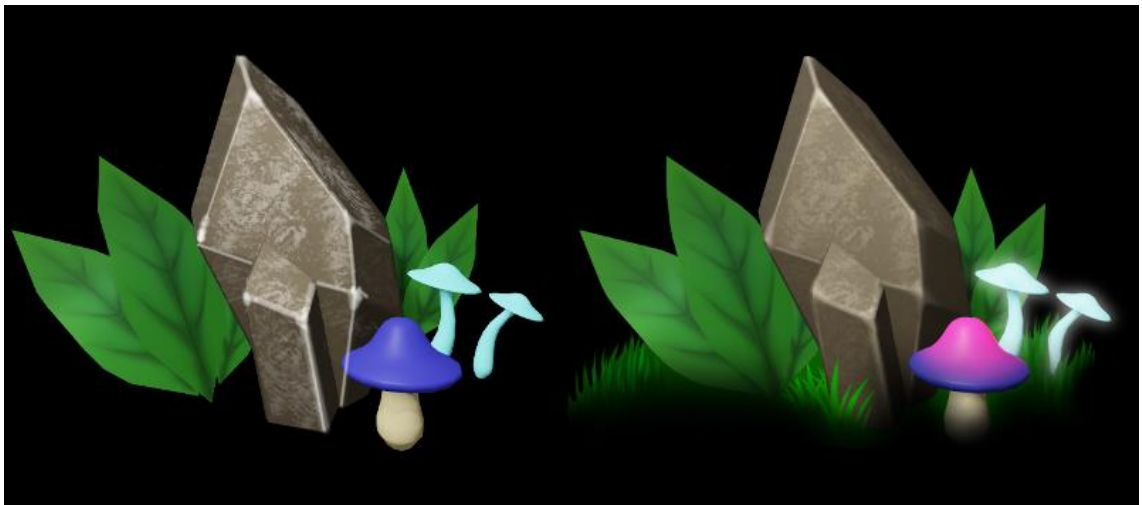
### 6.3 Grafiikan jälkikäsittely

Jos esirenderöidyssä grafiikassa ei ole animaatiota, joitain asioita voi olla nopeampaa tehdä jälkikäsittelyssä. Esimerkiksi tekstuureja ei ole tarvetta tehdä sille puolelle 3D-objektia, mikä ei näy lopullisessa kuvassa. Renderöin Blenderistä 3D-kuvan, josta puuttui vielä tekstuureja ja osa yksityiskohdista.



Kuvio 29.

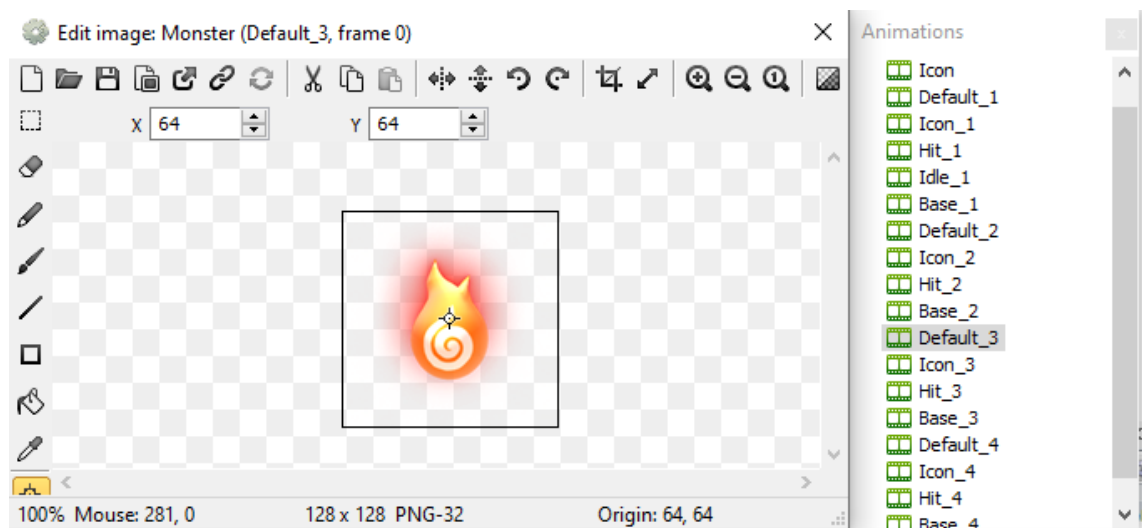
Siirsin renderöidyn kuvan GIMP-kuvankäsittelyohjelmaan, missä piirsin tekstuurit renderöidyn 3D-kuvan päälle ja lisäsin kuvaan muita uusia elementtejä, kuten ruohoa.



Kuvio 30.

#### 6.4 Grafiikan siirtäminen pelimoottoriin

Seuraavaksi siirsin animaatiot Construct 2 -pelimoottoriin. Olin renderöinyt kaikki animaatiot peräkkäin, joten ne piti nyt erotella omiksi animaatioikseen. Nimesin animaatiot niin, että animaation nimi tulee ensin ja nimen perään tulee hahmon numerotunniste, jolla animaatio yhdistyy oikeaan hahmoon pelin tietokannassa.



Kuvio 31.



## 6.5 Yksinkertainen perspektiiviprojektio

Pelissäni käytetään myös yksinkertaista perspektiiviprojektiota. Alla oleva kuva on kuvattu yhden pakopisteen perspektiivistä. Kun kuvaa suurennetaan rajatussa näkymässä, syntyy illuusio liikkeestä kohti käytävän päätä. Illuusio kuitenkin murtuu, koska kuvan resoluutio on rajallinen. Ongelma voidaan ratkaista jakamalla tausta segmentteihin. Tähän yksinkertaiseen ajatukseen pelini perspektiiviprojektio perustuu.

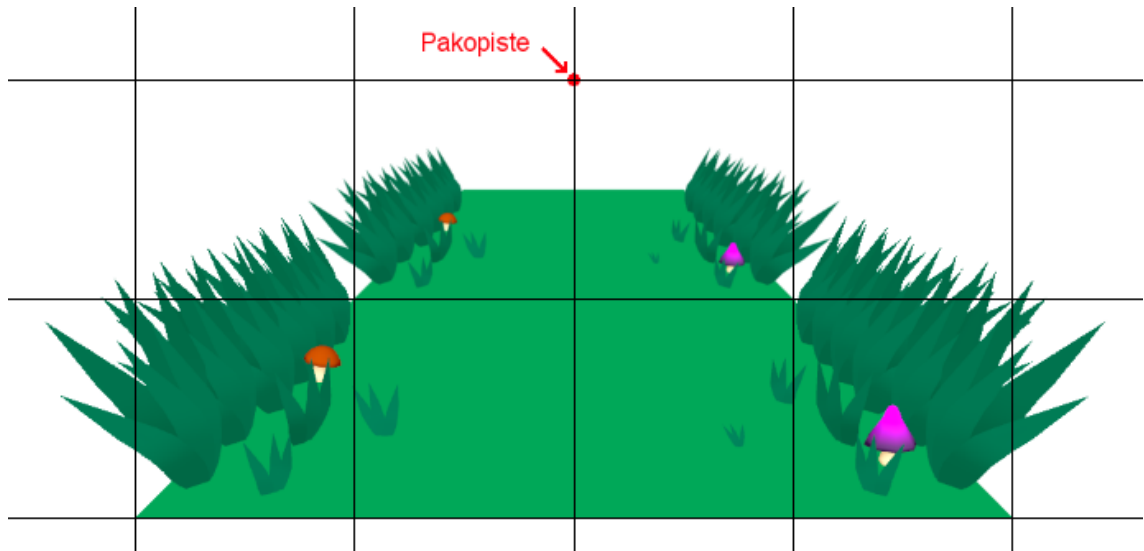


Kuvio 32. Yhden pakopisteen perspektiivistä kuvattu käytävä. (Cocoparisienne, 2018)

Pelin tausta koostuu esirenderöidyistä 3D-elementeistä, sekä kaksiulotteisista elementeistä. Koska pelissä käytettävien kuvien resoluutio on vain rajallinen, täytyy tausta ensin pilkkoa useampaan osaan.

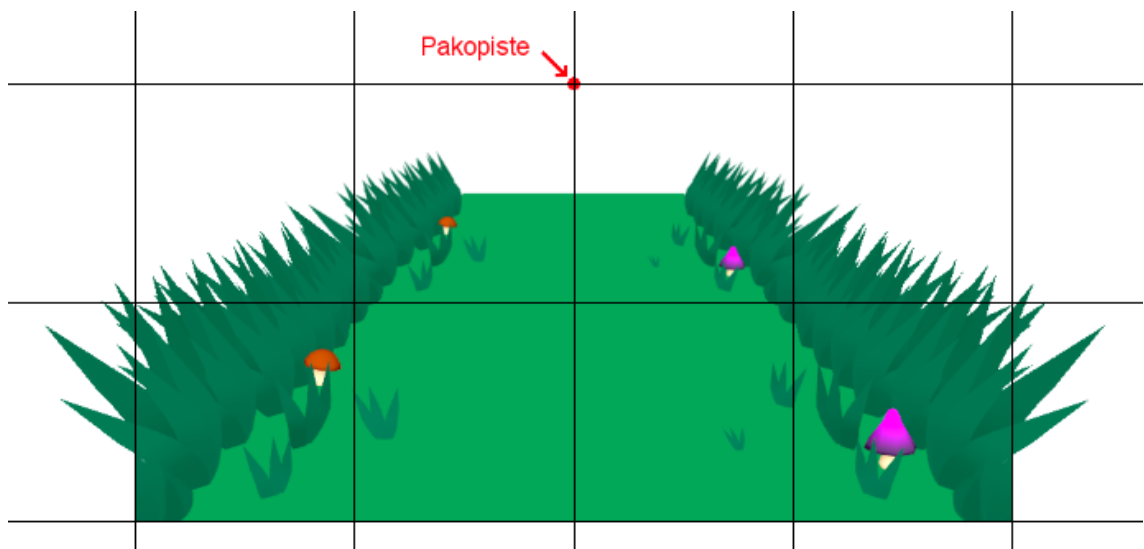
Ennen taustan graafisten elementtien viemistä pelimoottoriin, niihin täytyi vielä tehdä muutamia muutoksia jälkikäsitelyssä. Muokkaamista helpotti huomattavasti se, että en renderöinyt taustalle valaistusta tai varjoja. Koska pelini hahmot ovat piirroshahmoja, ei pelin taustankaan tarvitse olla realistinen.

Tein taustan palasesta kopion ja puolitin sen koon. Tarkoitus on, että palaset pienenevät asteittain kohti pakopistettä. Valitsin kuvakulman sellaiseksi, että pystyin käyttämään apuna normaalia ruudukkoa.



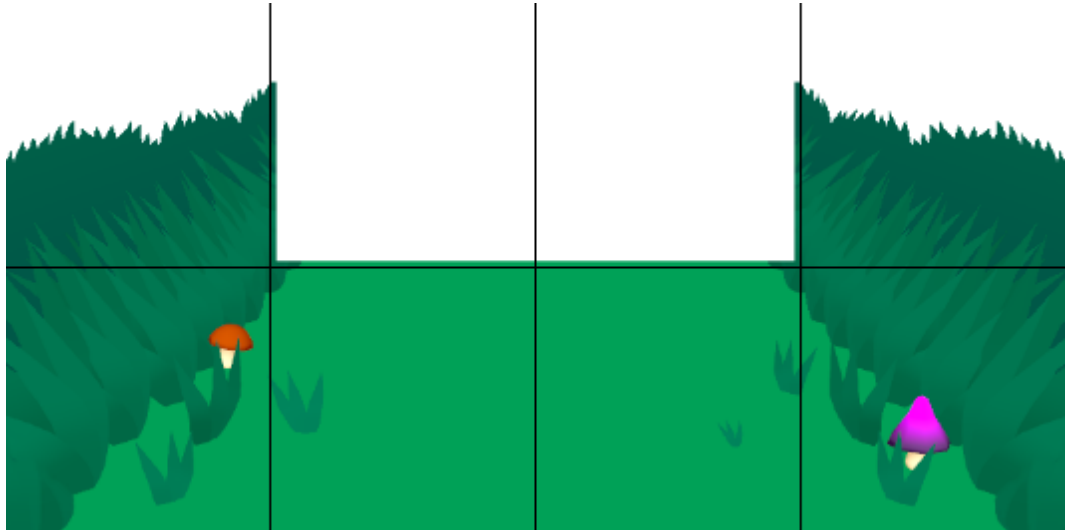
Kuvio 33.

Jotta illuusio liikkeestä perspektiivissä säilyy, palasten tulee kiinnittyä toisiinsa saumattomasti. Muokkasin palasten saumat piiloon kuvankäsittelyohjelman kloonauustyökalulla.



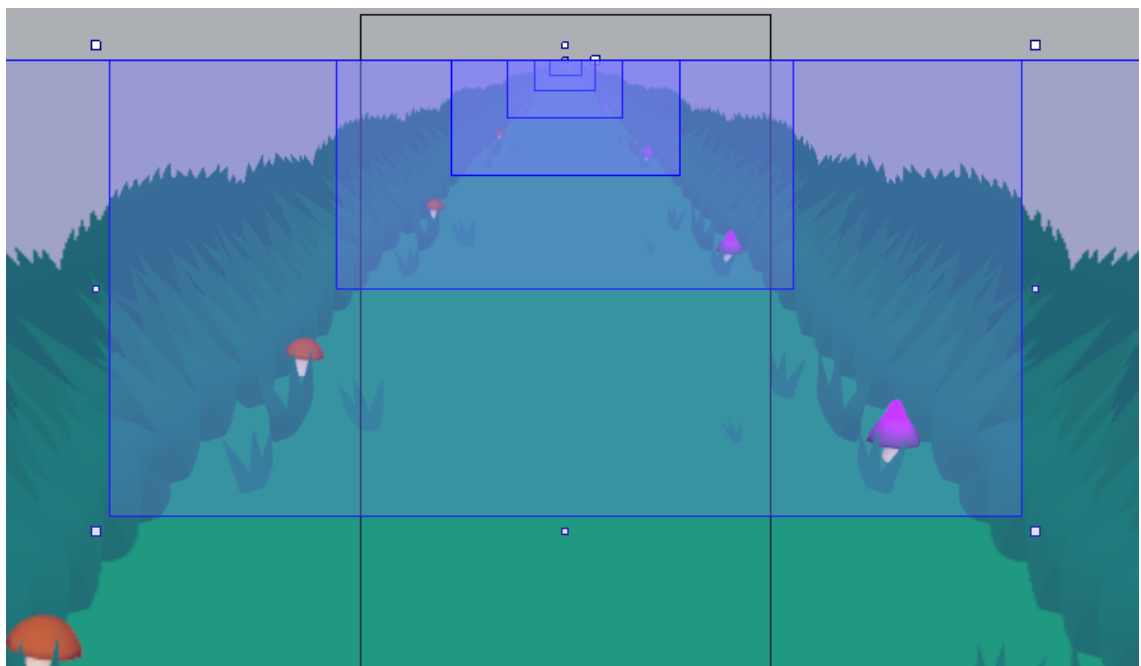
Kuvio 34.

Taustan grafiikat olivat valmiita siirrettäväksi pelimoottorin puolelle. Palasia kannattaa skaalata hieman reunojen yli toisen palan päälle, jotta vältetään liitoskohdan vilkkuminen kuvaobjektien skaalautuessa pelissä.



Kuvio 35.

Kun olin vienyt taustan grafiikat pelimoottoriin, tein kuvaobjektista useamman kopion ja siirsin ne päällekkäin. Idea on, että sisäkkäisen kuvaobjektin koko on puolet edellisestä ja kuvaobjektien pivot-piste toimii perspektiiviprojektion pakopisteenä.

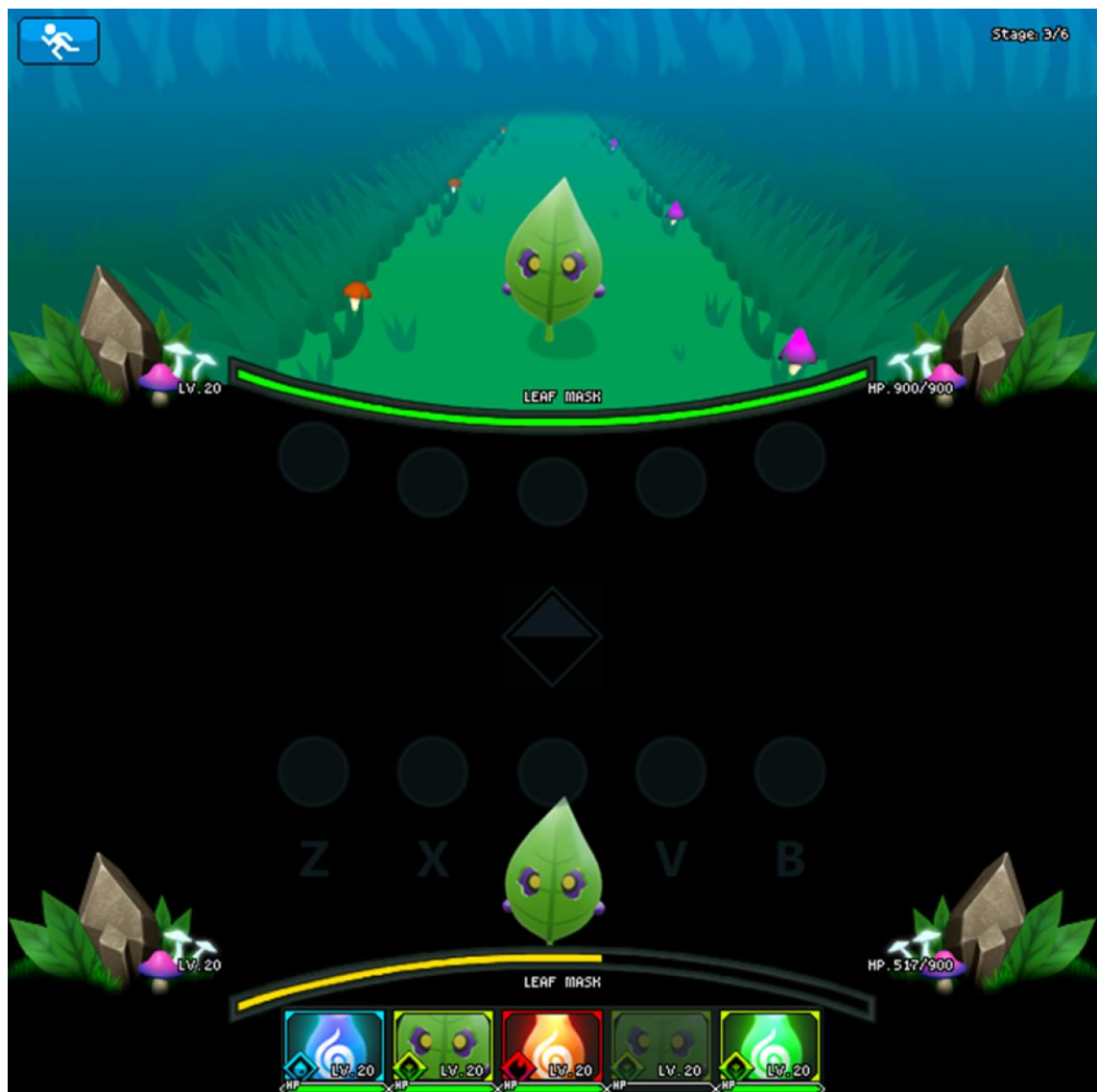


Kuvio 36.

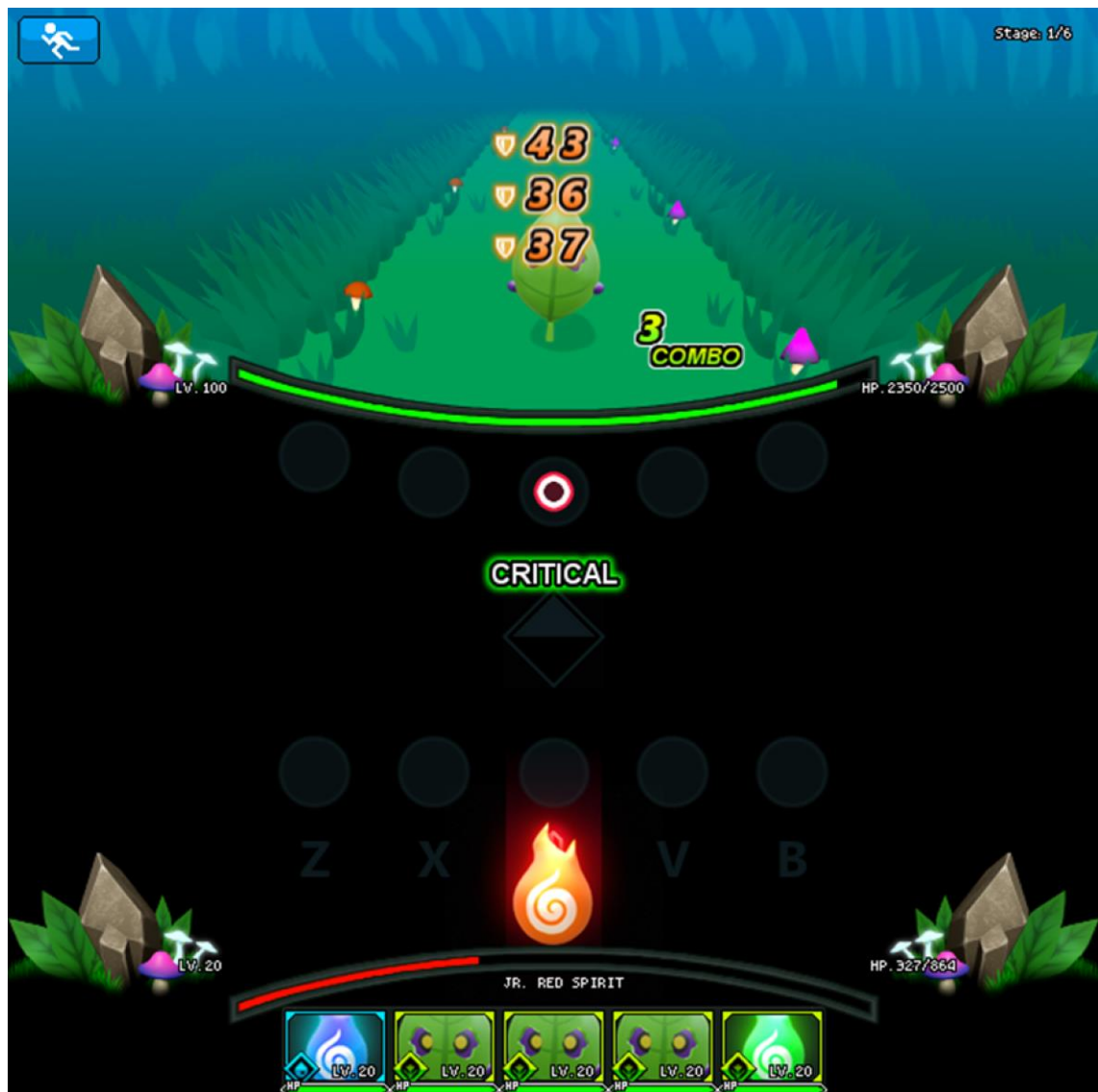


Ohjelmoin kuvien koon kasvamaan hitaasti pelaajan liikkuessa perspektiiviprojektiossa. Koska kuvien pivot-piste on sama kuin perspektiivin pakopiste, syntyy illuusio liikkeestä kohti pakopistettä. Tässä tapauksessa halusin polun myös jatkuvan loputtomasti, joten ohjelmoin kuvat palaamaan alkuperäiseen kokoonsa, kun niiden koko oli kaksinkertaistunut. Peitin polun pakopisteen toisella kuvaobjektilla, jotta alaspäin skaalausta ei huomaa itse pelissä.

Kun grafiikat oli tuotu peliin, päivitin vielä pelin käyttöliittymän ja alkuvalikon, minkä jälkeen peli oli valmis. Alla pari kuvakaappausta valmiista pelistä.



Kuvio 37. Kuvakaappaus valmiista 2.5D-pelistä.



Kuvio 38. Kuvakaappaus valmiista 2.5D-pelistä.

## 7 Pohdinta

Opinnäytetyössäni oli paljon asiaa, joten käsittelin aihealueita melko tiiviisti. Osittain tämä johtui myös tietoisesta pyrkimyksestäni käsitellä asioita niin, että lukijalta ei vaadita aikaisempaa tuntemusta tietyistä pelimoottorista tai 3D-ohjelmasta. Käsittelin esirenderöityä 3D-grafiikkaa hieman lyhyemmin kuin graafisia projektioita, koska osa esirenderöintiin liittyviä asioita käsiteltiin projektityöluovussa.

2.5D-pelille on useampi erilainen määritelmä ja myös graafisten projektoiden termejä käytetään pelialalla usein melko epämääräisesti tai epä johdonmukaisesti. Osalle termeistä on myös vaikea löytää sanatarkkaa suomenkielistä käännöstä. Tämä vaikeutti hieman aiheen käsittelyä, mutta löysin onneksi työni tueksi paljon hyviä kuvia, missä erilaiset projektiot havainnollistetaan selkeästi. Parhaiten nämäkin tekniikat avautuvat, kun niitä kokeilee käytännössä.

2.5D- ja esirenderöity 3D-grafiikka tuo monille mieleen menneiden vuosikymmenten klassikkopelit. Tekniikoita kuitenkin käytetään peleissä edelleen ja monet muutkin vanhat tekniikat ovat kokeneet uuden tulemisen pienempien kehittäjien toimesta.

Tutkiessani moderneja esimerkkejä 2.5D-peleistä, sekä oman peliprojektini aikana, tulin siihen lopputulokseen, että 2.5D-pelit toimivat nykyään parhaiten silloin, kun grafiikassa ei pyritä liialliseen realismiin. Supercellin pelit näyttävät moderneilta, eikä moni pelaaja välttämättä edes siksi miellä niitä 2.5D-peleiksi. Sen sijaan realismiin pyrkivät 2.5D-pelit näyttävät helposti vanhanaikaisilta. Toisaalta se, minkä joku näkee vanhanaikaisena, voi toisen pelaajan silmissä olla mukavan nostalginen tyyliä.

## 8 Lähteet

Unger, Kimberly & Novak, Jeannie 2012. Game Development Essentials: Mobile Game Development. Delmar Cengage Learning.

Wikipedia 2020a. 1990s in video games. Wikipedia.org (luettu 17.4.2020)  
[https://en.wikipedia.org/wiki/1990s\\_in\\_video\\_games](https://en.wikipedia.org/wiki/1990s_in_video_games)

Wikipedia 2020b. List of game engines. Wikipedia.org (luettu 7.5.2020)  
[https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_game\\_engines](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_game_engines)

Pino, Nick 2019. Google Stadia review. Techradar.com (luettu 27.4.2020)  
<https://www.techradar.com/reviews/google-stadia>

Vakkari, Johanna 2015. Perspektiivi kuvataiteen historiassa. Gaudeamus.fi (luettu 07.5.2020)  
<https://www.gaudeamus.fi/perspektiivi-kuvataiteen-historiassa/>

Wong, Ken 2013. Escher and Monument Valley. Squarespace.com (luettu 25.4.2020)  
<http://monumentvalleygame.squarespace.com/blog/2013/11/28/inspiration>

Wiktionary 2020. Isometric. Wiktionary.org (luettu 25.4.2020)  
<https://en.wiktionary.org/wiki/isometric>

Muscato, Christopher 2016. What Is Aerial Perspective in Art? - Definition & Examples. Study.com (luettu 25.4.2020)  
<https://study.com/academy/lesson/what-is-aerial-perspective-in-art-definition-examples.html>

Jordan, Jon 2012. Chart rush: The making of Clash of Clans. Pocketgamer.biz (luettu 7.5.2020)  
<https://www.pocketgamer.biz/feature/45814/chart-rush-making-of-clash-of-clans/r/PG.Biz/Supercell+news/news.asp?c=45628>

Kelly, Charles 2012. Programming 2D Games. CRC Press.

## Kuvalähteet

Kuva 1. Supergiant Games 2020. Supergiantgames.com

<https://www.supergiantgames.com/games/bastion>

Kuva 2. The Video Game Critic, 2009. Videogamecritic.com

<https://videogamecritic.com/2600no.htm>

Kuva 3. Strategywiki 2007. Strategywiki.org

[https://cdn.wikimg.net/en/strategywiki/images/2/25/Pole\\_Position\\_screen.png](https://cdn.wikimg.net/en/strategywiki/images/2/25/Pole_Position_screen.png)

Kuva 4. Strategywiki 2016. Strategywiki.org

[https://cdn.wikimg.net/en/strategywiki/images/b/b5/Space\\_Harrier\\_Stage\\_7.png](https://cdn.wikimg.net/en/strategywiki/images/b/b5/Space_Harrier_Stage_7.png)

Kuva 5. Supercell 2020. play.google.com

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.supercell.clashofclans>

Kuva 6. Barnes, Matthew 2019. Techmalak.com

<https://techmalak.com/wp-content/uploads/2019/11/stadia.jpg>

Kuva 7. Carmichael, Stephanie 2013. Fastcompany.com

<https://www.fastcompany.com/1682799/how-gungho-made-mobile-game-mega-hit-puzzles-dragons-and-beat-zynga>

Kuva 11. Minecraft Wiki 2018. minecraft.gamepedia.com

<https://minecraft.gamepedia.com/File:Indev.png>

Kuva 12. SharkD 2009. Wikimedia.org

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Graphical\\_projection\\_comparison.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Graphical_projection_comparison.png)

Kuva 13. Algr & Icey 2006. Wikimedia.org

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IsometricFlaw\\_2.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IsometricFlaw_2.svg)

Kuva 14. Dent, Steve 2015. Engadget.com

<https://www.engadget.com/2015-12-02-monument-valley-free-on-ios.html>

Kuva 15. Pixpil Games 2020. Eastwardgame.com

<https://eastwardgame.com/wp-content/uploads/2019/04/Screenshot-1.jpg>

Kuva 16. Cmglee 2011. Wikimedia.org

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:3D\\_shapes\\_in\\_isometric\\_projection.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:3D_shapes_in_isometric_projection.svg)

Kuva 19. Paletta, Claas 2009. Wikimedia.org

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The\\_Whispered\\_World\\_parallax\\_scrolling\\_sample\\_1.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_Whispered_World_parallax_scrolling_sample_1.jpg)

Kuva 20. Sandberg, Joakim 2018. Nintendo.com

<https://www.nintendo.com/games/detail/iconoclasts-switch/>

Kuva 21. Supergiant Games 2020. Supergiantgames.com

<https://www.supergiantgames.com/games/bastion>

Kuva 22. Fourjr 2017. Imgur.com

<https://imgur.com/gallery/cG3c2>

Kuva 23. The Cutting Room Floor 2018. Tcrf.net

[https://tcrf.net/Clash\\_Royale/Removed\\_and\\_Changed\\_Sprites](https://tcrf.net/Clash_Royale/Removed_and_Changed_Sprites)

Kuva 32. Cocoparisienne. Pixabay.com

<https://pixabay.com/fi/photos/arcades-arcade-arkkitehtuuri-3428490/>

Liitteet

Liite 1. 2.5D-peli – Hidden Forest

