



Vilma Ratinen

Maiseman luominen

Menetelmällisen kasvuston avulla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Medianomi

3D-animaatio ja -visualisointi

Opinnäytetyö

28.04.2022

Tiivistelmä

Tekijä(t): Vilma Ratinen
Otsikko: Maiseman luominen menetelmällisen kasvuston avulla
Sivumäärä: 58 sivua
Aika: 28.04.2022

Tutkinto: Viestintä
Tutkinto-ohjelma: Medianomi (AMK)
Suuntautumisvaihtoehto: 3D-animaatio ja visualisointi
Ohjaaja(t): Lehtori, Peke Huuhtanen

Opinnäytetyössä käydään läpi pintapuolisesti Unreal pelimoottorin menetelmällistä kasvustotyökalua. Työkalua ja sen ominaisuuksia tutkitaan pelimoottorin 4.26.2 versiossa, jossa se on vielä kehitteillä oleva ominaisuus. Työn teoriaosuudessa pureudutaan tarkemmin kahteen työkalun tärkeään komponenttiin, tuojaan sekä staattisen kappalekasvustoon ja niiden asetuksiin. Tarkoituksena on saada lukijalle perustason käsitys työkalun toiminnasta ja sen potentiaalista kasvuston rakentamisessa. Opinnäytetyön projektiosuudessa toteutetaan pienimuotoinen metsämaisema, jonka kasvusto osuus rakennetaan kokonaan menetelmällisellä kasvustotyökalulla. Projektissa käytetään vain niitä ominaisuuksia ja asetuksia, joita käydään läpi työn teoriaosuudessa.

Avainsanat: Menetelmällinen kasvusto, Unreal pelimoottori 4, maiseman luominen, Staattinen kappalekasvusto

Abstract

Author(s): Vilma Ratinen
Title: Creating a landscape by using procedural foliage
Number of Pages: 58 pages
Date: 28 April 2022

Degree: Bachelor of Culture
Degree Programme: Media
Specialisation option: 3D animation and visualisation
Instructor(s): Peke Huuhtanen, Lecturer

The thesis goes through Unreal Engine's procedural foliage tool on a surface level. The tool will be explored from Unreal's 4.26.2 version where it still is an experimental feature. The theoretical part of the thesis goes in more detail with two important components of the tool, the spawner, static mesh foliage and their settings. The aim is to give the reader a basic understanding of how the tool works and its potential in building foliage. In the project part a small-scaled forest landscape is created and its foliage will be placed by procedural foliage tool only. In the project only those features and settings are used which are in the theoretical part of the thesis.

Keywords: Procedural Foliage, Unreal Engine 4, Landscape creation, Static Mesh Foliage

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Käsitteiden määrittely	2
3	Menetelmällinen kasvusto	3
3.1	Menetelmällisen kasvuston tuoja	5
3.1.1	Tuojan simulaatio asetukset	8
3.1.2	Tuotavat tyypit	11
3.2	Maisemaruohotyyppi	12
3.3	Staattinen kappalekasvusto	13
3.3.1	Sijoitus asetukset	13
3.3.2	Menetelmälliset asetukset	20
4	Maiseman luominen	28
4.1	Suunnitelma	28
4.1.1	Alue	28
4.1.2	Kappaleet	30
4.2	Pohjustus	31
4.2.1	Tekstuurit	31
4.2.2	Maasto	32
4.3	Menetelmällinen kasvusto	33
4.3.1	Avarat alueet	34
4.3.2	Kivikot	38
4.3.3	Metsä	43
5	Pohdinta	56
	Lähteet	59

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia Unreal pelimoottorissa sijaitsevan menetelmällisen kasvustotyökalun ominaisuuksia ja sen sisältämiä asetuksia. Tutkimuksen tukena toimii oma projekti, jossa pyritään toteuttamaan maisema vain menetelmällistä kasvustotyökalua käyttäen. Työn kirjalliseen tutkimukseen sekä projektiosuuteen käytetään pelimoottorin 4.26.2 versiota, jossa työkalu on vielä kehitteillä oleva ominaisuus.

Menetelmällistä kasvustotyökalua tullaan käymään läpi yleisellä tasolla ja sitten pureutua tarkemmin sen sisältämistä komponenteista kahteen. Nämä kaksi komponenttia ovat tuoja ja staattinen kappalekasvusto. Molempien komponenttien tarkoitusta ja asetuksia selvitetään pidemmässä teoriaosuudessa, josta löytyy myös runsaasti esimerkkikuvia. Teorian ja esimerkkikuvien yhdistelmän tavoitteena on luoda lukijalle mahdollisuus käyttää tätä opinnäytetyötä ohjaavana materiaalina suorittaessaan omaa kokeiluaan.

Teoriaosuuden jälkeen esittelen, miten toteutin oman kokeiluni. Käyn läpi projektin suunnitteluvaihetta, käytettyjä materiaaleja, teksturointia, maaston muotoilua sekä mitä staattisen kasvustokappaleen asetuksia käytin ja miten niitä onnistuin hyödyntämään. Projektin tärkeänä osuutena oli käyttää vain niitä asetuksia, joita käydään läpi tutkimuksen teoriaosuudessa.

Suomenkielisen dokumentoinnin puitteissa opinnäytetyön vahvimpina tiedonlähteinä käytetään YouTubesta löytyviä englanninkielisiä tutoriaalivideoita sekä omaa henkilökohtaista kokemusta työkalun parissa

2 Käsitteiden määrittely

Sinikopio — Englanniksi "Blueprint", on visuaalinen koodausjärjestelmä Unreal Enginessä.

Positio/Sijainti — Kappaleen sijainti määritetään pisteinä. Kappaleen koko tai tilavuus ei siis vaikuta kappaleen sijaintiin, ja useita kappaleita voi olla sisäkkäin tai limittäin.

Skaalaus, mittasuhte — Kappaleen koon kerroin 3D-avaruudessa.

Suuntaus/Kierto — Kappaleelle 3D-avaruudessa suoritettujen käännösten arvo; kappaleen käänkökulma 3D-avaruudessa.

Kääntäminen, kiertäminen — Kappaleen suuntauksen muunnos; muunnos, joka kääntää kappaletta 3D-avaruudessa.

Kappale — 3D-malli, Englanniksi "mesh", kolmiulotteinen on muoto, joka on määritelty verteksien, särmien ja tahkojen avulla.

3D avaruus — Virtuaalinen tila, jota käsitellään kolmen koordinaattiakselin avulla.

Unreal pelimoottori — 3D-ohjelma, joka on tarkoitettu erityisesti videopelien tekemiseen.

Tekstuuri — Tekstuurikartat ovat visuaalinen esitys 3D-mallin pinnasta ja sen ominaisuuksista.

Skene — 3D-avaruus kappaleineen ja asetuksineen.

3 Menetelmällinen kasvusto

Procedural Foliage, suomeksi menetelmällinen kasvusto, on yksi monesta tehokkaasta työkalusta mitä Unreal pelimoottorista löytyy. Sana "kasvusto" tässä yhteydessä ei rajaudu vain kasveihin tai muihin luonnon elementteihin, sillä voidaan myös tarkoittaa, rakennuksia, huonekaluja, eläimiä, työkaluja jne. "Kasvusto" enemmänkin kuvaa sitä kappaletta tai kappaleiden kokonaisuutta, mitä työkalun avulla voidaan tuoda skeneen.

Kuitenkin, vaikka mitä tahansa haluttua kappaletta voitaisiin käyttää tässä työkalussa, ei se tarkoita sitä, että juuri tämä työkalu olisi paras vaihtoehto sen tuomiseksi skeneen. Työkalun käyttötarkoitus ja tarpeellisuus projektissa on hyvä miettiä jo aikaisessa vaiheessa.

Menetelmällisen kasvuston tärkeimmät komponentit ovat tuoja ja tuotava tyyppi. tuoja toteuttaa sen sisältämien kappaleiden tuomisen maisemaan, kun taas tuotava tyyppi määrittää ja muokkaa itse kappaletta asetuksissa annettujen arvojen mukaiseksi. Kappaleiden paikkaa pystytään muokkaamaan molempien komponenttien asetuksista, mutta tuotavien tyyppien omissa asetuksissa päästään pureutumaan syvemmin kappaleen skaalaan, määrään, rotaatioon, paikkaan ja moneen muuhun tärkeään informaatioon.



Kuva 1. Kuvakaappaus toiminnallisen osuuden projektista.

Menetelmällisen kasvustotyökalun toimintatapa muistuttaa ja onkin lähestulkoon samanlainen kuin rinnakkaisessa työkalussa, kasvuston maalauksessa, Englanniksi "Foliage Paint". Tämän vuoksi niitä voidaan käyttää vaivattomasti samanaikaisesti. Työkalujen väliset suurimmat erot eivät ole niinkään riippuvaisia itse työkaluista vaan niiden käyttäjästä. Kokemuksen ja tiedon määrän, mitä tekijällä on, vaikuttaa suoraan työkalun valintaan. Kasvuston maalaus on suosittu, sen helppokäyttöisyyden vuoksi, sillä sen avulla voidaan suoraan "maalata" skeneen haluttuja kappaleita tai yksittäisiä kappaleita juuri siihen paikkaan, asentoon, kokoon ja tiheyteen kuin sen itse haluaa. Mikä taas ei niinkään ole mahdollista menetelmällisen kasvuston avulla. Se puolestaan asettelee ja määrittää valitut kappaleet arvojen perusteella, joten tekijä ei itse tule asettamaan yhtäkään kappaletta skeneen.

Useammissa tutoriaalivideoissa sekä työkalua käsittelevillä keskustelupalstoilla suositellaan menetelmällisen kasvuston käyttöönottoa suurempien alueiden toteuttamisessa, vaikka yleisellä tasolla sen potentiaali ei ole alueen koosta riippuvainen. Koon sijaan toteutettavan alueen tarkkuus, käyttäjän kokemuksen ja tiedon lisäksi, määrittää sen sopivuuden työkaluksi projektiin.

Projektissa, jossa on pienempi maa-alue tai halutaan luoda jonkin mallin, konseptin tai olemassa olevan paikan tarkka kopio, voidaan helposti taipua valitsemaan työkaluksi kasvuston maalaus. Isommissa ja vapaa muotoisemmissa maisemissa puolestaan menetelmällisen kasvuston käyttäminen tulee todennäköisimmin säästämään aikaa ja sillä rakennettuja kappale kokonaisuuksia voidaan käyttää myöhemminkin.

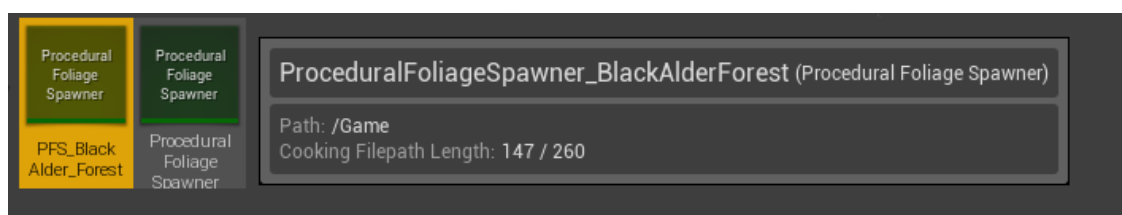
Työkalu on vielä kehitteillä oleva ominaisuus pelimoottorin 4.26.2 versiossa, jota käytetään tämän tutkimuksen toiminnallisessa osuudessa. Tämän vuoksi, sen ominaisuudet, asetukset, käyttötapa ja ulkonäkö ovat voineet muuttua uusimmissa versioissa sekä sen tulevaan uuteen julkaisuun, Unreal Engine 5:een.

3.1 Menetelmällisen kasvuston tuoja

Menetelmällisen kasvuston pohjana toimii ”tuoja”. Tuoja tuo nimensä mukaisesti kaikki sen sisältämät kappaleet skeneen. Samalla se luo kirjaston kaikista käytetyistä kappaleista, mikä helpottaa myöhemmin siinä, jos halutaan käyttää kasvuston maalaamista samanaikaisesti tai jälkeinpäin.

Tuojan nimen olisi hyvä olla helposti ymmärrettävä ja lyhyt. Tiedostojen nimet on helpointa pitää lyhyinä niin, että sen oma nimi ja tarkoitus tiivistetään isoihin alkukirjaimiin. Esimerkiksi, Englanniksi ”Procedural Foliage Spawner”, lyhennettäisiin ”PFS_”. Isojen kirjaimien jälkeen tulisi alaviiva ja sitten itse käyttötarkoitus. Käyttötarkoituksella halutaan selventää, mitä varten kyseinen tuoja on luotu ja mitä sen halutaan sisältävän. Toinen esimerkki: tarkoituksena olisi luoda tuoja, joka tulee sisältämään vain isoja puita. Tällöin tuoja voitaisiin nimetä jollain seuraavista tavoista, ”PFS_Trees”, ”PFS_L_Trees” tai ”PFS_BT”.

Lyhenteen voi myös vapaaehtoisesti keksiä itse, ainoa muistisääntö on pitää nimi lyhyenä ja informatiivisena tuojan sisällöstä, koska pelimoottorin editorissa on vain rajattu tila tiedoston nimen näyttämiseen. Tilan lisäksi, myöhemmin jos halutaan etsiä pelimoottorin sisällä tiettyä tiedostoa, löytäisi sen nopeammin lyhenteitä käyttäen.

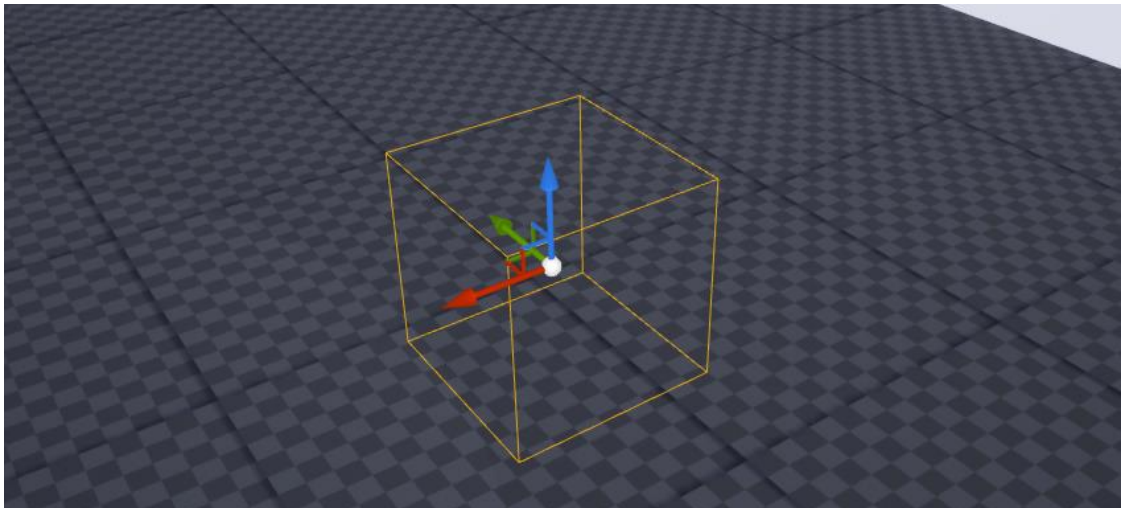


Kuva 2. Kuvakaappaus. Nimen pituus.

Kuvan 2 vasemmalla puolella näkyvä oleva tiedosto on nimetty ”PFS_BlackAlder_Forest” ja oikeanpuoleinen ”ProceduralFoliageSpawner_BlackAlderForest”. Ilman lyhenteitä tulisimme näkemään kirjastossa vain tekstin ”ProceduralFoliageSpawner”, joka ei itsessään kerro meille mitään muuta kuin, mikä tiedosto se on. Vähäisen tilan takia kaikki

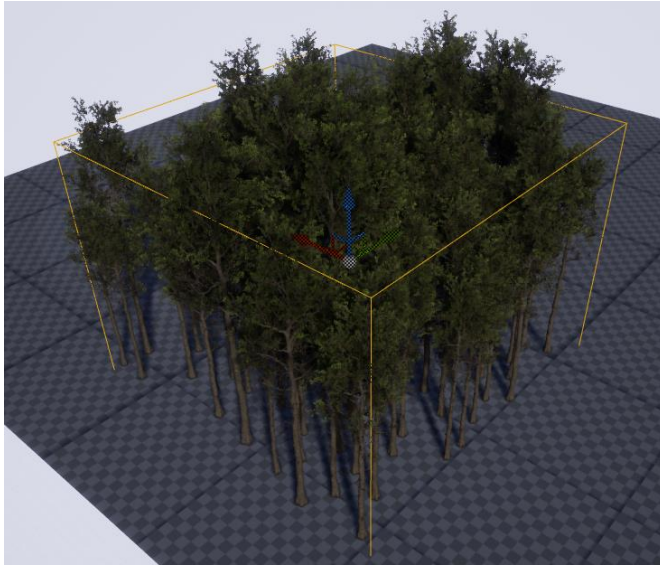
tärkeä informaatio jää peittoon. Vasemmanpuoleisen tiedoston nimestä pystytään heti näkemään, mikä se on ja mitä se sisältää.

Kun tuoja on nimetty, se voidaan vetää skeneen. Se ilmestyy skeneen neliön muotoisina ääriviivoina. Nämä viivat toimivat tässä tapauksessa visuaalisina rajoina, joiden sisäpuolelle kappaleet tulevat ilmestymään. Ääriviivojen muotoa, kokoa, kiertoa sekä sijaintia voidaan vapaasti muuttaa mieleiseksi, joko oikoteiden avulla tai tuojan omista asetuksista. Visuaalisten ääriviivojen ansiosta on helpompi hahmottaa ja vaikuttaa siihen, mille alueelle halutaan tuojan sisältävien kappaleiden ilmestyvän.



Kuva 3. Kuvakaappaus. Tuoja ulkonäkö Unreal pelimoottorissa.

On tärkeää tässä kohdassa pitää mielessä, että ääriviivojen korkeus olisi hyvä miettiä sen perusteella, kuinka korkeita tai suuria kappaleita haluaa tuojaan sisällyttää. Mikäli halutaan tuoda iso kappale ja tuojan korkeus on pienempi kuin kappaleen, voi tuloksena olla se, ettei kappaletta tule skeneen ollenkaan. Jos puolestaan halutaan tällä tuojalla tuoda skeneen vain pienempiä kappaleita, voisi tuojan korkeutta jopa pienentää.



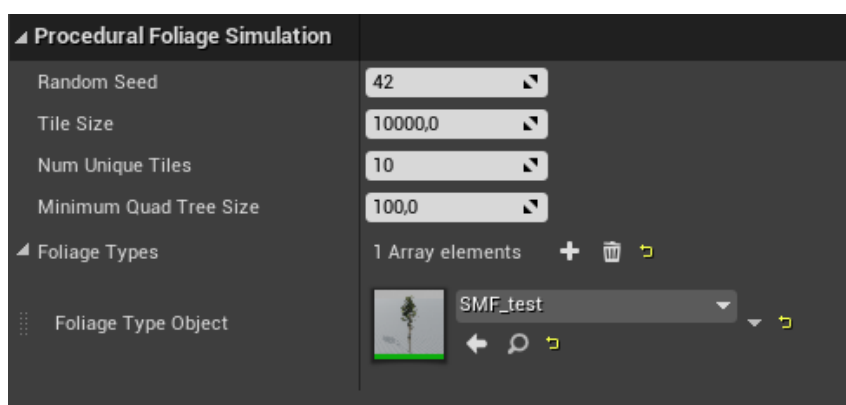
Kuva 4. Kuvakaappaus. Tuotavat kappaleet ilmestyvät vain tuojan rajojen sisäpuolelle.

Tuojien määrällä ei ole tällä hetkellä mitään asetettua rajaa, joten sen arvioiminen jää tekijän omalle vastuulle. Useammalla tuojalla voidaan vähentää sitä aikaa, mikä yhden tuojan kanssa menisi sen sisältämien kappaleiden asetusten määrittämiseen. Jokaisen tuojan sisällä tulisi kuitenkin olemaan kappaleita, mutta vähemmän, jolloin olisi myös vähemmän kappaleita, joiden asetukset ja ominaisuudet tulisivat vaikuttamaan toisiinsa. Tuojan ja sen sisältämien kappaleiden asetukset vaikuttavat vain toisiinsa, eli toinen tuoja ja sen sisältö ei tule vaikuttamaan muihin tuojiin tai niiden sisältöihin. Useamman tuojan sisällöt voidaan asettaa päällekkäin, mikäli tuojat on asetettu skenessä päällekkäin.

Tuojien lisäksi, sen tuomien kappaleiden määrällä ei ole myöskään rajaa. Yksi tuoja pystyy siis sisällyttämään koko alueen kappaleet itseensä, esimerkiksi: puut, kasvit, kivet, rakennukset, huonekalut ja monia muita. Tässä kuitenkin voidaan törmätä ajallisiin ongelmiin, mikäli kokemusta tai tietoa ei ole paljoa kyseisestä työkalusta. Mitä vähemmän tuojia on, sitä enemmän täytyy varata aikaa jokaisen kappaleen oman tuoja tyyppin asetusten määrittämiseen.

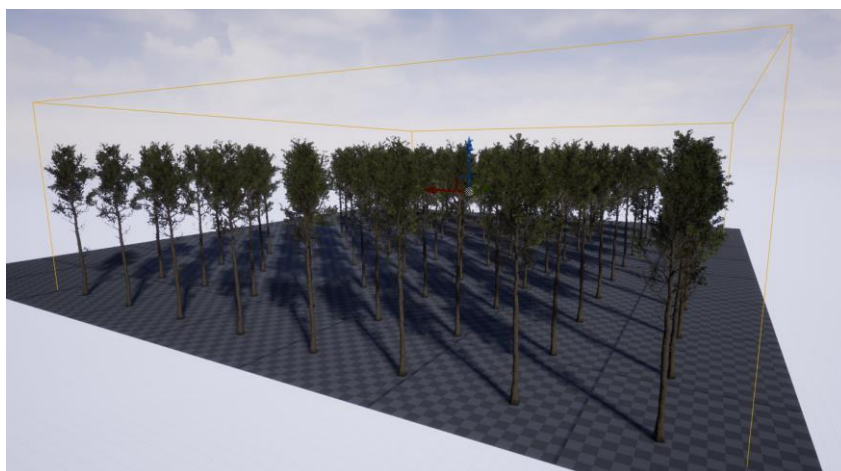
3.1.1 Tuojan simulaatio asetukset

Tuojan simulaatio asetusten sisältä löytyy yksinkertainen ja lyhyt rivi ominaisuuksia. Kyseisiä asetuksia ei välttämättä tarvitse muokata ollenkaan tai ainakaan niin usein. On kuitenkin hyvä käydä ne läpi, mikäli tulevaisuudessa ilmaantuu haasteita, joita ei saada korjattua staattisen tahkoverkkokasvuston tai toimijatyypin omista asetuksista.

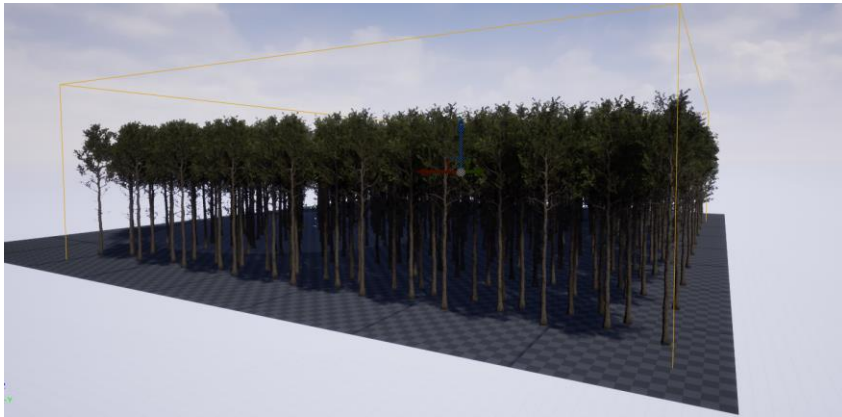


Kuva 5. Kuvakaappaus. Tuojan asetukset.

Ensimmäisenä arvona näkyy **satunnaisluvun alustus**. Se on satunnaisluku, jota muuttelemalla voidaan luoda satunnaisuutta kappaleiden ja siementen levittämiseen maastoon. Mitä korkeampi alustusksen arvo, sitä monimuotoisempi lopputulos on. Pienellä arvolla lopputulos muistuttaisi kuvan 6 esimerkkiä.

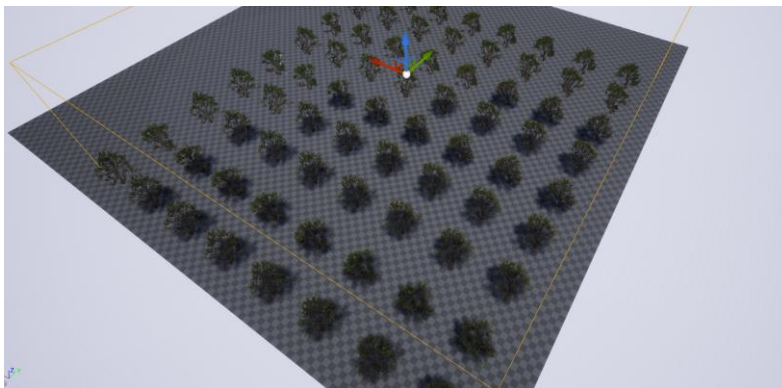


Kuva 6. Kuvakaappaus. Laatan koko on 10 m, ainutlaatuisten laattojen määrä 1, satunnaisluvun alustuksen arvo 1.

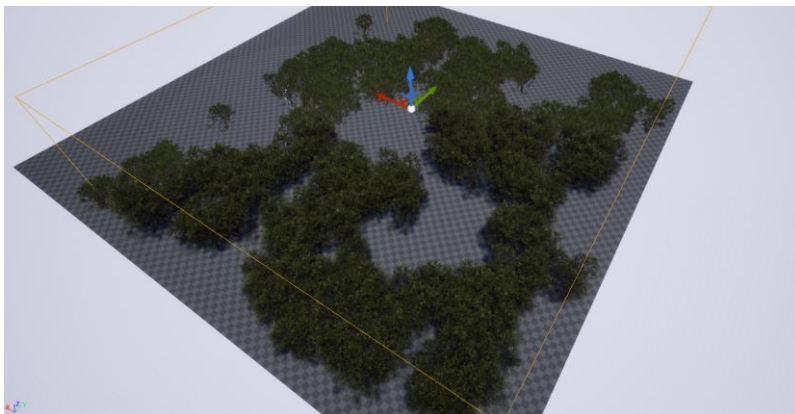


Kuva 7. Kuvakaappaus. Laatan koko 10 m, ainutlaatuisten laattojen määrä 1, satunnaisluvun alustuksen arvo 3.

Seuraavana löytyy **laatan koko**. Tuojan ääri viivojen sisällä oleva alusta on jaettu laattoihin, laatan koon pystyy itse määrittämään yhden akselin mukaisesti tällä arvolla. Arvo ilmoitetaan senttimetreinä, mikäli arvo on 1 000 cm (10 m), on laatan pinta-ala (10 m x 10 m) 100 neliömetriä. Annettu arvo kerrotaan itsellään, kun halutaan laskea kyseisen laatan pinta-ala, sillä sen muoto on aina neliö.

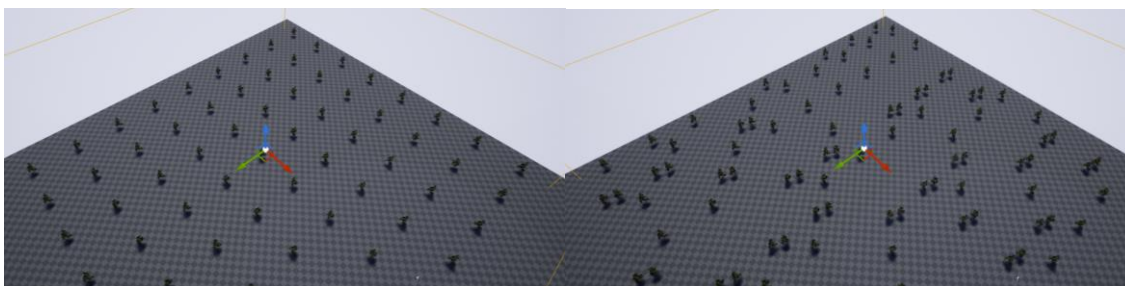


Kuva 8. Kuvakaappaus. Laatan koko 10 m, ainutlaatuisten laattojen määrä 1, satunnaisten siementen arvo 1.



Kuva 9. Kuvakaappaus. Laatan koko 50 m, ainutlaatuisten laattojen määrä 1, satunnaisten siementen arvo 1.

Tämän jälkeen siirrytään **ainutlaatuisten laattojen määrään**. Nimensä mukaisesti tällä arvolla määritetään, kuinka monta ainutlaatuista laattaa halutaan simuloida. Mikäli laattojen määrä on yksi, tulee jokainen laatta olemaan samanlainen, eli kappaleet laattojen päällä ovat asettuneet samoihin paikkoihin jokaisella laattalla. Ei siis ole nähtävissä selvää variaatiota. Jos halutaan luoda järjestelmällinen lopputulos, kannattaa muuttaa tämän arvon lisäksi muita tuojan asetuksia.

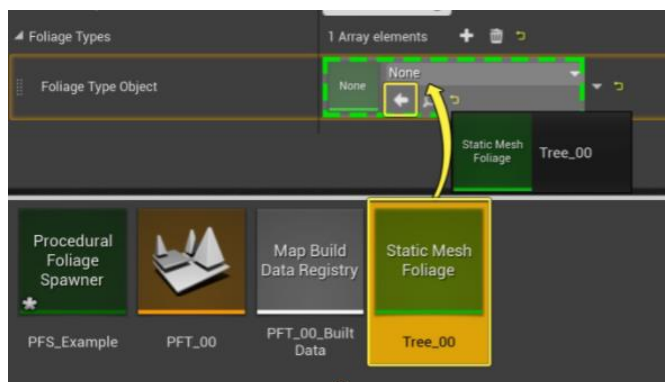


Kuva 10 ja 11 Kuvakaappaus. Vasemmanpuoleisen kuvan laatan koko 10 m, ainutlaatuisten laattojen määrä 1, satunnaisten siementen arvo 1. Oikeanpuoleisen kuvan laatan koko 10 m, ainutlaatuisten laattojen määrä 2, satunnaisten siementen arvo 1.

Jos taas ainutlaatuisten laattojen määrä on kaksi, tullaan generoimaan kahdenlaisia laattoja. Laattojen selvät variaatiot muodostavat yhtenäisen kuvio jatkumon, joka on vielä näin alhaisella arvolla helppoa nähdä.

Viimeisenä ominaisuutena löytyy **kasvuston tyyppi**. Tähän osioon voidaan useammalla tavalla asettaa haluttu kappale, asettamisen jälkeen se tulee näkyviin skeneen seuraavan kerran, kun tuojan simulointi asetuksista on painettu uudelleen simulointinappia. Kappaleita voi myös lisätä rajattomasti tämän ominaisuuden yläpuolelta löytyvästä plussakuvakkeesta.

Mikäli kappaleita tulee enemmän kuin yksi, muodostuu kirjastoon hierarkia. Viimeksi lisätty kappale tulee olemaan aina etusijalla ilmestymisjärjestyksessä, mikäli staattisen tahkoverkkokasvuston asetuksissa ei ole määritetty prioriteetti-, tiheys-, sijoitus- tai raja-arvoja.



Kuva 12. Unrealengine 2004–2022. Miten tuotava tyyppi voidaan asettaa tuojaan.

3.1.2 Tuotavat tyypit

Unreal -pelimoottorin versiossa 4.26.2, tuoja pystyy tuomaan kahta erilaista tiedostotyyppiä skeneen. Erot näiden vaihtoehtojen välillä eivät kuitenkaan ole kovin suuria, mutta on silti hyvä mainita joitakin niiden yksittäisistä ominaisuuksista ja minkälaisiin tilanteisiin ne sopisivat parhaiten.

Toimijatyyppejä käytetään silloin, kun halutaan tuoda skeneen kappale, jolle on suunnitella animaatio, tapahtuma tai toiminto. Esimerkiksi, mahdollisuus vuorovaikutukseen hahmon tai toisen kappaleen kanssa. Haluttu toiminto, animaatio tai tapahtuma tulee sisältymään itse toimijatyyppiin, sekä sen tuleviin kopioihin. Suunnitellun toiminnon voi toteuttaa sinikopiolla tai koodilla.

Käytettäessä toimijatyyppejä, täytyy olla tarkkana, sillä se vie saman verran muistia kuin se, että kappale vedettäisiin kirjastosta suoraan skeneen, eli jokainen tuojan tuoma klooni toimijasta on oma yksittäinen kappaleensa.

Toinen tyyppi on **Staattinen kappalekasvusto**. Tätä tyyppiä käytetään silloin, kun skeneen halutaan tuoda staattinen kappale, jolle ei ole suunnitteilla minkäänlaisia koodia tai sinikopiota vaativia toimintoja. Tätä tyyppiä käydään tarkemmin läpi maisemaruohotyypin jälkeen.

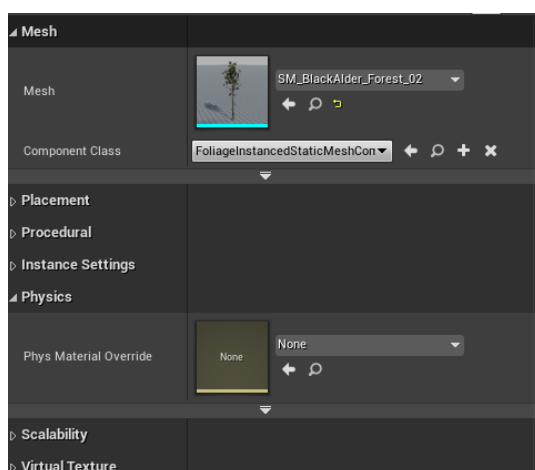
3.2 Maisemaruohotyyppi

Maisemaruohotyyppi, Englanniksi "**Landscape Grass Type**", toimii tuojan tapaan kansiona yhdelle tai useammalle kappaleelle ja staattisen kappalekasvuston tavoin silläkin on omia asetuksia, joilla voidaan muokata, miten sen sisältämät kappaleet tullaan istuttamaan skenessä. Ero muihin tuotaviin tyyppeihin sekä tuojaan on se, että ruohotyyppi istuttaa automaattisesti sen sisältämät kappaleet maastoon. Istutus itsessään perustuu maiseman päämateriaalin tasoihin. Tasoilla tässä yhteydessä tarkoitetaan kaikkia tekstuureita, joita päämateriaaliin sisältyy. Ruohotyypit määrätään päämateriaalissa olevalle yhdelle tai useammalle tasolle, jolloin näiden tasojen maalaamisen jälkeen niiden päälle istutetaan niille määrättyt kappaleet.

Käytännössä se tarkoittaa, että heti sormen noustessa hiiren näppäimeltä maalaamisen jälkeen, maalatun tekstuurin päälle ilmestyy kaikki sille määrättyt kappaleet. Näitä kappaleita ei voi ilmestyä ei-määrätyille tekstuureille tai tyhjille maa-alueille, joten tason määrittäminen on pakollista jokaiselle ruohotyypille.

3.3 Staattinen kappalekasvusto

Staattinen kappalekasvusto sopii parhaiten niille kappaleille, joiden kanssa pelaaja ei voi olla vuorovaikutuksessa eikä niille ole suunnitteilla minkäänlaista tapahtumaa, animaatiota tai toimintoa. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että esimerkiksi puiden lehdet tai ruohonkorret olisivat aivan staattisia, niiden on silti mahdollista reagoida tuuleen ja pelaajan liikkeeseen.



Kuva 13. Kuvakaappaus. Staattisen kappalekasvuston asetukset.

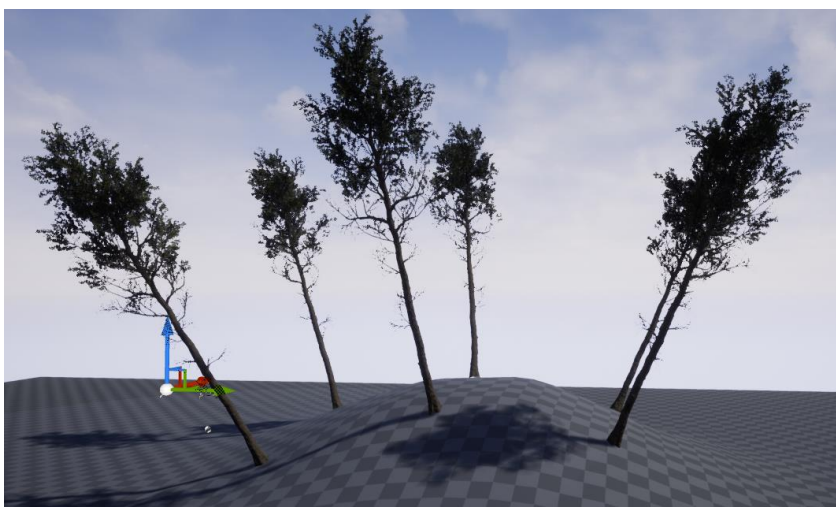
Staattinen kappalekasvusto toimii niin ikään kuin kansiona valitulle kappaleelle, sen asetusten avulla pystytään vaikuttamaan kappaleen ominaisuuksiin sekä siihen, miten se tullaan esittämään skenessä. Kappalekasvusto ei itsessään luo kappaletta vaan se täytyy valita tai asettaa tämän ominaisuuksiin. Valitun kappaleen on oltava staattinen, muuten sitä ei voida sisällyttää staattisen kappalekasvuston sisälle.

3.3.1 Sijoitus asetukset

Ensimmäisenä **sijoitus** osiossa tulee vastaan **Z-siirtymä**. Tälle ominaisuudelle on näkyvissä minimi- sekä maksimiarvo, niillä vaikutetaan kappaleen sijaintiin pystysuunnassa kulkevalla Z-akselilla. Mikäli arvo on miinuspuolella, on todennäköistä, että kappale tulee sijoittumaan hieman maanpinnan sisään, jos maanpinta on Z-akselin keskipisteessä, eli sen arvo on 0. Jos Z-siirtymän arvo

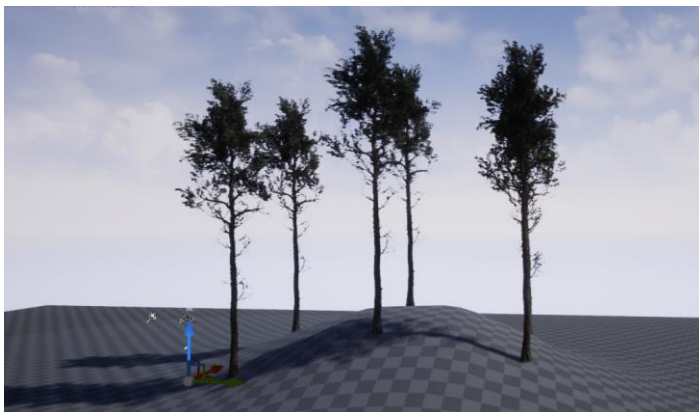
puolestaan on plussan suuntaan, voi kappale irrottautua maanpinnasta ja näyttää siltä, että se leijuisi. Tähän myös vaikuttaa maanpinnan sijainti Z-akselilla.

Aseta normaalin mukaan tarjoaa mahdollisuuden päättää, haluaako kappaleen asettuvan samaan kulmaan, missä sen alapuolella oleva maanpinta on. Realistisissa lopputuloksissa käytetään tätä asetusta yleisimmin vain lyhyemmän kasvuston kanssa, kuten kasvien, puskien ja kivien.



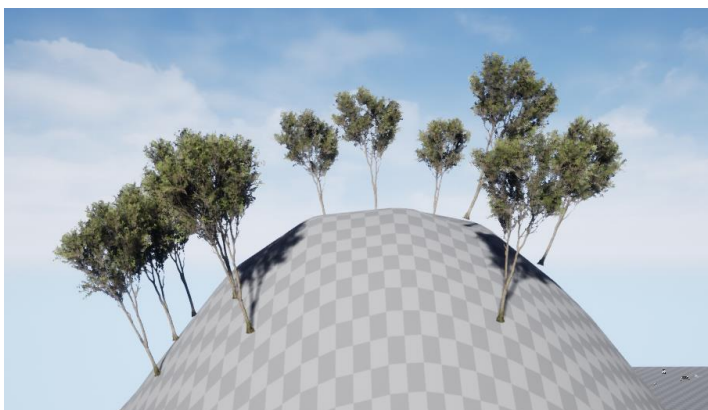
Kuva 14. Kuvakaappaus. Kappaleet asettuvat maanpinnan kulman mukaan.

Mikäli tätä lopputulosta ei toivota, voi arvon kytkeä pois päältä. Tällöin kappale tulee asettumaan pystysuuntaan, eli täysin Z-akselin suuntaisesti riippumatta siitä, missä kulmassa maanpinta sen alapuolella on. Asetuksen ollessa pois päältä on suositeltavaa asettaa Z siirtymän minimi-, sekä maksimi arvo miinuksien puolelle, sillä kappaleet saattavat “leijua”, koska ne jättävät maanpinnan kulman huomioimatta. Tällöin voi tulla tilanteita, jossa jyrkemmän kukkulan tai kummun reunalla puun pohja jää leijumaan reunan viereen, eikä “uppoa” sen sisäpuolelle.



Kuva 15. Kuvakaappaus. Kappaleet eivät asetu normaalin mukaan.

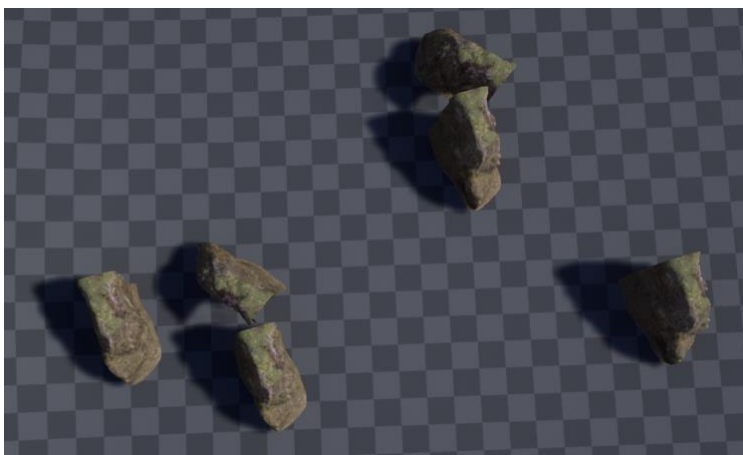
Mikäli normaalin mukaan asettaminen on päällä, ilmestyy lisäasetus **asettaa maksimikulman** arvo. Tällä arvolla voidaan määrätä kappale kallistumaan tiettyyn kulma-arvoon asti maanpinnan kulman mukaan. Tällä ei siis kerrota, mihin maanpinnan kulmaan asti kappale tulisi seuraamaan pinnan muotoa, vaan mikä on kappaleen maksimikallistumiskulma. Kappale kallistuu X- ja Y- akselin mukaisesti.



Kuva 16. Kuvakaappaus. Maksimikulman arvoksi on annettu 20, maanpinnan kulman maksimiarvo on 90.

Jos maanpinnan kulma on 90 astetta ja maksimikulman arvo 20 astetta, tuolloin kaikki 90 asteen kulmassa sijaitsevat kappaleen siemenet tultaisiin kallistamaan maanpinnan mukaan suurimmillaan 20 asteen kulmaan, eli kappale ei kallistuisi täydellisesti maanpinnan mukaan vaan kallistuminen keskeytettäisiin tiettyyn kulma-arvoon.

Satunnainen kallistuminen. Tämä ominaisuus on myös mahdollista laittaa päälle tai ottaa pois päältä. Mikäli asetus halutaan päälle, se luo kappaleelle satunnaisen rotaation vaakasuuntaisen, eli pelimoottorin avaruudessa X- ja Y-akselin mukaisesti.



Kuva 17. Kuvakaappaus. Kappaleen satunnainen kierto on päällä.

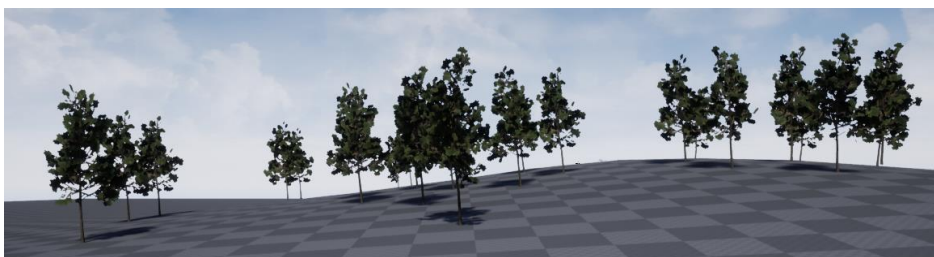
Kappale ja sen kopiot asettuvat tylsästi samansuuntaisesti asetuksen ollessa pois päältä. Satunnainen kallistuminen olisi hyvä pitää päällä orgaanista lopputulosta tavoitellessa. Epäorgaanisen tai teollisen lopputuloksen saaminen voisi puolestaan olla helpompaa tämän arvon ollessa pois päältä.



Kuva 18. Kuvakaappaus. Kappaleen satunnainen kierto on pois päältä.

Maanpinnan kulma. Tälle asetukselle on mahdollista antaa minimi- sekä maksimiarvo. Arvoilla tarkoitetaan astekulmaa. Näillä kahdella astekulman arvoilla kerrotaan kappaleelle, minkä maanpinnan astekulmiin se voi asettua. Jos

minimi-arvo on 0 ja maksimi-arvo 0, tällöin kappale tulee sijoittumaan vain tasaiselle maanpinnalle. Päinvastoin, jos minimi-arvo on 5 ja maksimi-arvo on 15, tulee kappale asettumaan vain niihin kohtiin, joissa maanpinta on 5–15 asteen välillä.



Kuva 19. Kuvakaappaus. Minimiarvo on 5 ja maksimi-arvo 15.

Korkeuden minimi- ja maksimi-arvoilla voidaan määrittää, mille korkeudelle tai syvyydelle kappale tulee ilmestymään. Tämä arvo eroaa Z-siirtymästä siten, että sillä kerrotaan Z-akselin suuntaisesti minimi ja maksimi arvoilla, mille välille kappale tulee näkyviin. Kappale ei siis tule ilmestymään näiden arvojen yli tai ali menevillä alueilla. Tämä asetus auttaa siinä vaiheessa, jos ei haluta esimerkiksi puiden ilmestyvän meren pohjaan tai ruohoa lumisten vuorten huipuille. Näihin haasteisiin on kuitenkin monta muuta paljon helpompaa tapaa, joten tämän arvon muuttaminen ei ole yleensä tarpeellista.

Korkeuden jälkeen tulee mahdollisuus määrittää **maanpinnan tasot**, joilla haluaisimme kontrolloida kappaleiden sijaintia ja paikkaa. Tämä on yksi monista mahdollisista tavoista hallita kappaleiden asettelua skeneen. Lopputulokseen vaikuttavat tässä vaiheessa jo aiemmin asetetut asetukset.

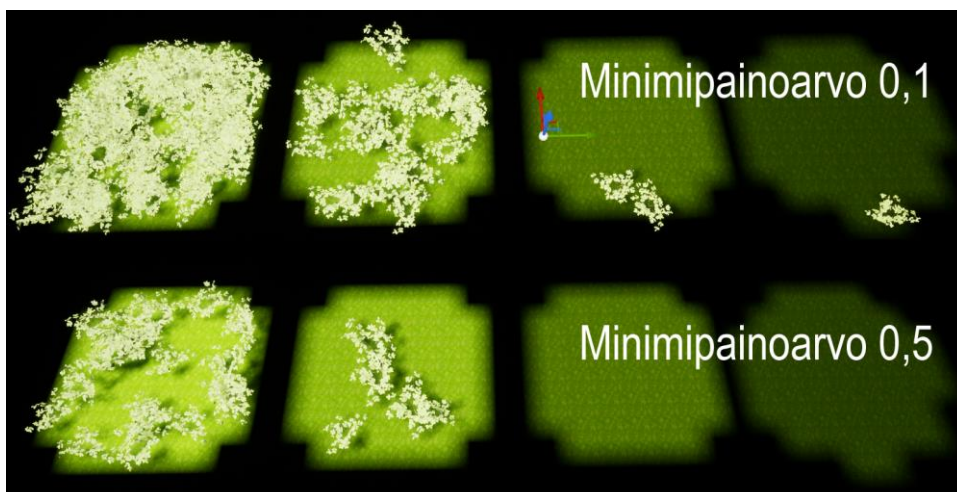
Maanpinnan tasoilla tarkoitetaan tekstuureita. Niille tekstuureille, jotka kuuluvat maanpinnan päämateriaaliin, luodaan omat tasot. Näille tasoille on syytä antaa selkeät ja lyhyet nimet, mikäli menetelmällinen kasvustotyökalu on osana projektia, sillä tasojen nimiä tullaan kirjoittamaan useampaan otteeseen.

Sisällytettävät tasot antavat mahdollisuuden asettaa kappaleen vain valitun tai valittujen tekstuuritasojen päälle. Tason asettaminen tähän kategoriaan tapahtuu kirjoittamalla valitun tekstuuritason nimi kategorian nimipalkkiin. **Pois jätettävät tasot** puolestaan rajaavat miltä tekstuuritason tai tasojen päältä haluamme pitää valitun kappaleen poissa. Tasoja voidaan asettaa useampia molempiin kategorioihin, mutta ne tulevat jakamaan saman minimipainoarvon. Sisällytettävillä tasoilla on oma yhteinen minimipainoarvo ja pois jätettävillä tasoilla omansa. Tämä tarkoittaa, ettei yksittäiselle tasolle voida antaa omakohtaista minimipainoarvoa.

Tasojen asetuksissa on mahdollista määrittää **minimipainoarvo** asteikolla 0–1. Painoarvoa voidaan verrata läpinäkyvyyteen, koska sillä myös tarkoitetaan tekstuuritason voimakkuutta. Minimipainoarvolla asetetaan tekstuuritason ”minimiläpinäkyvyysarvo”, jonka pitää täytyä, jotta valittu kappale voidaan tuoda kyseisen tekstuuritason päälle tai jättää tuomatta. Arvolla ei vaikuteta tekstuuritason läpinäkyvyyteen. Esimerkki läpinäkyvyydestä ja sen eri arvojen vaikutuksesta löytyy kuvasta 20.

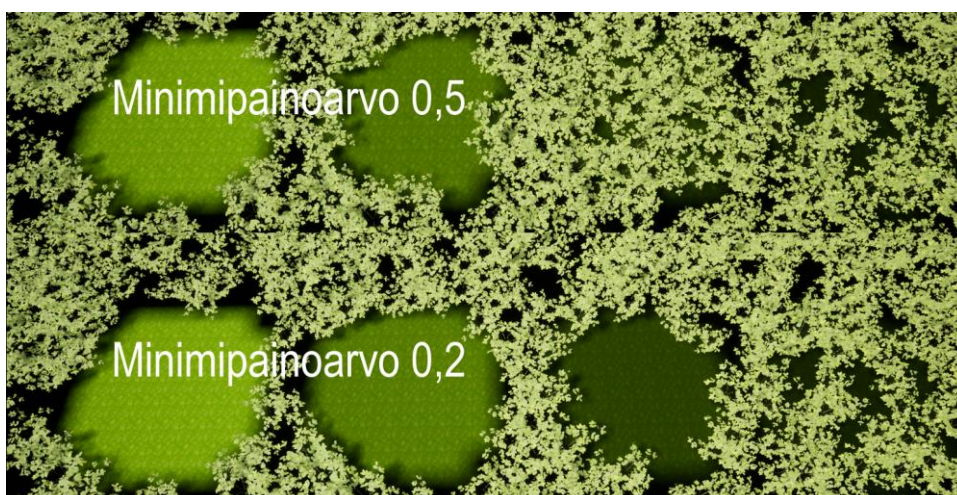


Kuva 20. VeryPDF (2020). Esimerkki läpinäkyvyyden eri arvoista, 20 % (0,2), 50 % (0,5), 100 % (1).



Kuva 21. Esimerkkikuva. Sisällytettävien tasojen minimipainoarvojen vaikutus.

Kuvassa 21 on esitetty neljällä eri painoarvolla maalattua alueita. Alueiden painoarvot menevät kuvassa 21 vasemmalta oikealle seuraavasti: 1, 0.5, 0.2 ja 0.1. Ylemmässä kuvassa sisällytettävien tasojen eli tässä tapauksessa vihreän tekstuurin minimipainoarvoksi on asetettu 0,1. Tämä tarkoittaa, että kappaletta tuodaan vain niihin tekstuuritason kohtiin, jossa painoarvo on 0,1 ja 1 välissä. Päinvastoin ne jätetään pois alueilta, jossa vihreän tekstuurin painoarvo on 0 ja 0,1 välissä. Kuvan 21 alemmassa osuudessa puolestaan tekstuuritason minimipainoarvoksi on asetettu 0,5. Huomataan, että kappaleet ovat kadonneet 0,1 ja 0,5 välisiltä alueilta ja tällöin asettuneet vain 0,5 ja 1 välisille painoarvo alueille.



Kuva 22. Kuvakaappaus. Pois jätettävien tasojen eri minimipainoarvojen vaikutus.

Kuvassa 22 esitetään pois jätettävien tasojen minimipainoarvon vaikutusta kappaleen asettumiseen. Alueiden painoarvot menevät kuvassa 22 vasemmalta oikealle seuraavasti: 1, 0,5, 0,2 ja 0,1. Ylemmässä kuvassa pois jätettävän tason, eli vihreän tekstuurin minimipainoarvoksi on määritetty 0,5. Tämä tarkoittaa sitä, ettei kappaletta tuoda niihin tekstuuritason kohtiin, jossa sen ”läpinäkyvyys” on 0,5 ja 1 välissä. Sen sijaan kappale asettuu muiden tekstuuritason alueille ja vihreän tekstuurin 0 ja 0,5 välisille painoarvoille. Kuvan 22 alemmassa kohdassa tekstuuritason minimipainoarvoksi on asetettu 0,2. Huomataan, että kappale ei pääse asettumaan nyt 1 ja 0,2 välisille painoarvoille.

Säätelämällä painoarvoa on mahdollista luoda kappaleiden välille siistimpiä välejä. Tällä tavalla voidaan myös yrittää ehkäistä tilanteita, jossa kappaleet selkeästi päättyvät ”kuin seinään”.

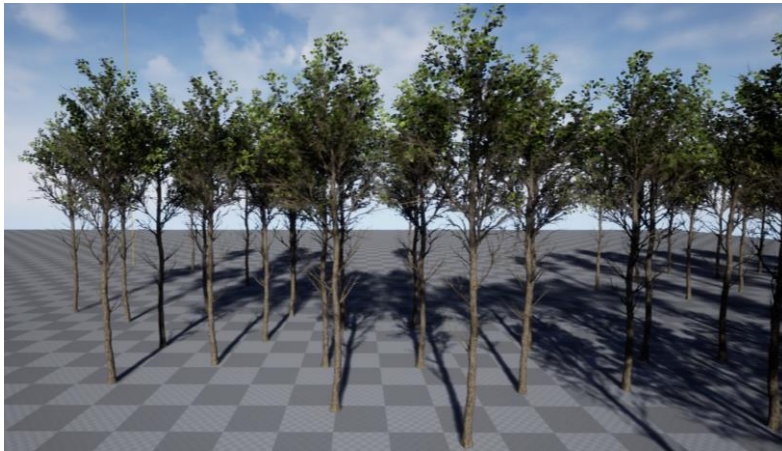
3.3.2 Menetelmälliset asetukset

Menetelmällisillä asetuksilla vaikutetaan kappaleen siementen määrään, tiheyteen, etäisyyteen, variaatioon, kehyksiin sekä kasvuun. Näillä asetuksilla ei voida vaikuttaa kappaleen asentoon.

Ensimmäisenä on kehyksen säde, Englanniksi ”collision radius”, jolla tarkoitetaan kappaleen ympärillä olevaa näkymätöntä kehystä. Sen sisäpuolelle ei voi ilmestyä omia tai toisen kappaleen siemeniä. Sädettä voidaan skaalata suuremmaksi tai pienemmäksi vaikuttamatta sen muotoon, joka pysyy aina ympyränä. Mikäli kehyksen säde on pieni, esimerkiksi: kaksi senttimetriä, mahdollistaisi se kappaleiden ja siementen päällekkäin asettumisen. Päällekkäisyys mahdollisuuteen vaikuttaa myös muiden staattisen kappalekasvustojen kehyksen arvo.

On hyvä huomioida, että säde mitataan kappaleen keskipisteestä kehyksen ulkoreunaan. Jos meillä on iso kappale, kuten suuri kivenlohkare, voisi se asettua puoliksi päällekkäin toisen kappaleen kanssa juuri siksi, että keskipisteen yli tuleva osuus on niin suuri, ettei säteen oletusarvolla pystytä ympäröimään sitä.

Ei-toivotun päällekkäisyyden voi välttää nostamalla kehyksen säde arvoa korkeammaksi.



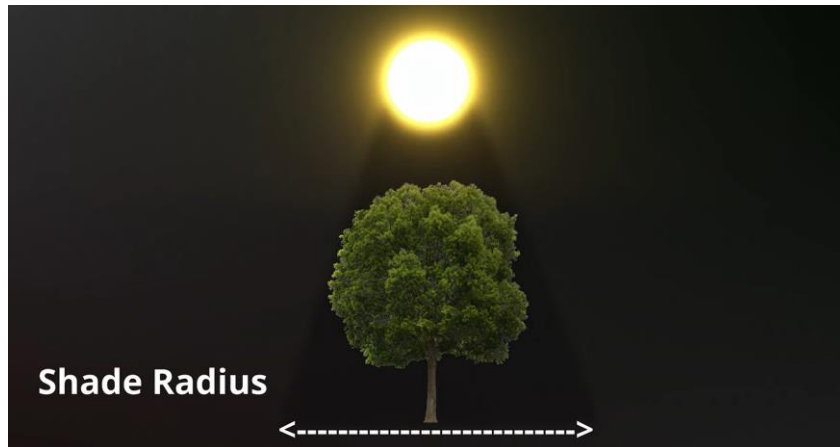
Kuva 23. Kuvakaappaus. Kehyksen säde on oletusarvolla, eli metri.

Varjon sädearvo laskettiin nolnaan ja kaikki muut asetukset pidettiin oletusarvoilla esimerkikuvassa 23 sekä 24, jotta kehyksen säteen koon muuttaminen voidaan esittää selvemmin. Kehyksen pieni sädearvo kasvattaa riskiä kappaleiden päällekkäin istuttamiseen. Pienestä sädearvosta huolimatta kuvassa 24 voidaan huomata, että muutama yksittäinen kappale on istutettu pidemmälle etäisyydelle muista.



Kuva 24. Kuvakaappaus. Kehyksen säteen arvo on kaksi senttimetriä.

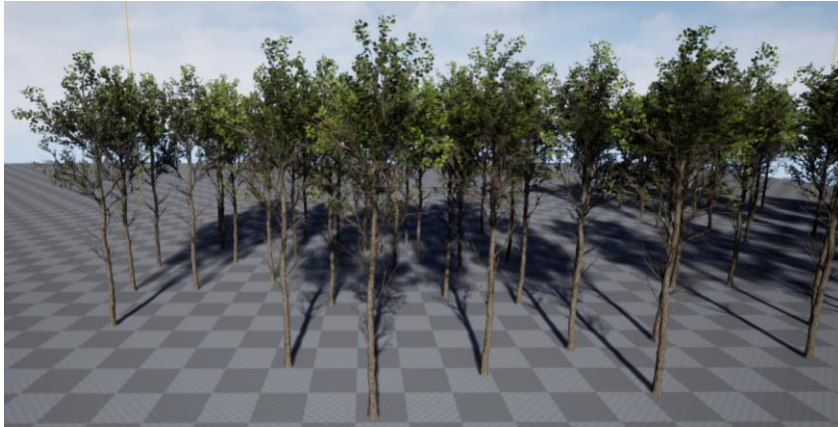
Varjon säteellä, englanniksi "**Shade radius**", tarkoitetaan kappaleesta muodostuvaa varjoa auringon osuessa siihen. Tämä asetus ei kuitenkaan ole yhteydessä skenessä oleviin valoihin eli mitkään valot tai ulkoiset tekijät eivät vaikuta varjon säteen toimimiseen.



Kuva 25. Klaus (2022). Varjon säde.

Sädearvolla määritämme varjon säteen mitan senttimetreinä, oletusarvolla se on sata senttimetriä eli yhden metrin. Varjon säteen toimintatapa eroaa kehyksen säteestä siten, että tämän säteen sisäpuolelle voidaan istuttaa muita kappaleita ja niiden siemeniä. Istuttaminen mahdollistetaan kahden muun asetuksen avulla. Mikäli nämä kaksi muuta asetusta ovat pois päältä jokaisen staattisen kappalekasvustojen asetuksista, toimii varjon säde täysin identtisesti kehyksen säteen kanssa.

Koska kehyksen säteen sisäpuolelle ei voida istuttaa toista kappaletta, lasketaan sen arvo nolnaan. Näin seuraavissa esimerkkikuvissa voidaan näyttää, miten lopputulos on identtinen kehyksen säteen tuloksiin kuvissa 23 ja 24.



Kuva 26. Kuvakaappaus. Varjon säde on oletusarvolla, eli metri.



Kuva 27. Kuvakaappaus. Varjon säteen arvo on kaksi senttimetriä.

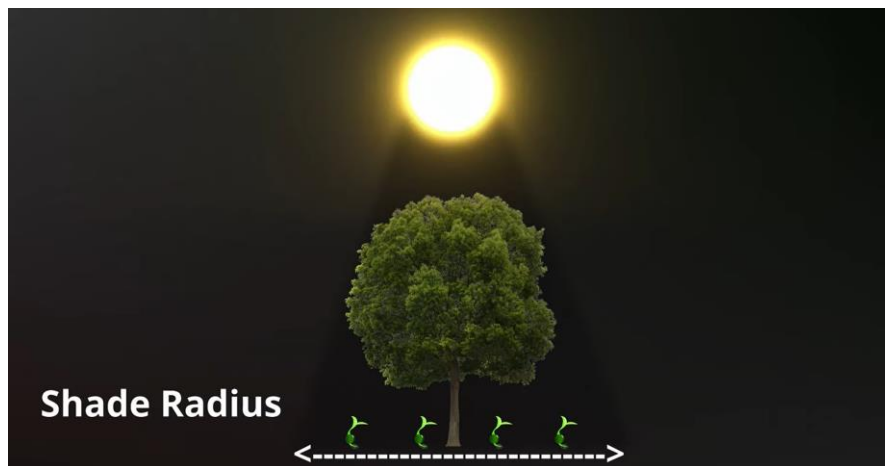
Videollaan Nitrogen (2020) teki niin, että jätti kehyksen säteen oletusarvolle ja nosti varjon säteen 150 senttimetriin. Tämän valinnan avulla hän sanoi pystyvänsä kertomaan muille kappaleille ja niiden siemenille, ettei tämän säteen sisäpuolelle voi tulla. Hänen esittämänsä tapa on toimiva, mutta ei ainoa mahdollinen, sillä kehyksen sädettä säätämällä samaan lukuun saataisiin identtinen tulos. Kätevintä olisi siis alussa säädellä kehyksen sekä varjon säteitä ja katsoa, mitkä arvot toimivat omaan tarkoitukseen parhaiten.

Aiemmin tekstissä mainittiin varjon säteeseen yhdistyvän kaksi muuta asetusta, joilla voidaan mahdollistaa muiden kappaleiden ja siementen istuttaminen säteen sisäpuolelle. Nämä asetukset ovat **varjossa kasvamisen mahdollisuus** ja **varjoon tuominen**, molemmat näistä löytyvät ensimmäisenä menetelmällisten asetusten **kasvuosiosta**. Varjossa kasvamisen mahdollistaminen voidaan joko

pistää päälle tai ottaa pois päältä, oletusarvolla se on pois päältä. Mikäli se laitetaan päälle, se antaa oikeuden niin kyseisen kappaleen kuin muidenkin samassa tuojassa olevien kappaleiden siementen kasvaa sen varjon säteen sisäpuolella. Tähän kuitenkin vaikuttaa kehyksen sädearvo.

Varjoon tuomisen toimintoa oli aluksi hankalaa selvittää, myös Garth Joe (2019) huomautti videollaan olemaan varovainen tämän arvon kanssa, koska ei itsekkään ollut varma, mitä kyseinen asetus tekisi tai miten se tulisi vaikuttamaan muihin asetuksiin ja itse lopputulokseen. Vasta Klaus(2022):n informatiivisen videon jälkeen saavutettiin selvyys, mitä varjoon tuominen tekee.

Varjoon tuominen voidaan kytkeä päälle tai jättää pois päältä, oletusarvolla se on pois päältä. Tätä arvoa ei voida edes kytkeä päälle ennen kuin varjossa kasvamisen mahdollisuus on laitettu päälle. Mikäli varjoon tuominen laitetaan päälle, tullaan kappale ja sen siemenet istuttamaan vain toisien samassa tuojassa olevien kappaleiden varjon säteen sisäpuolelle. Käytännössä se siis tarkoittaa, ettei yhtäkään siementä tulla istuttamaan varjojen säteiden ulkopuolelle.

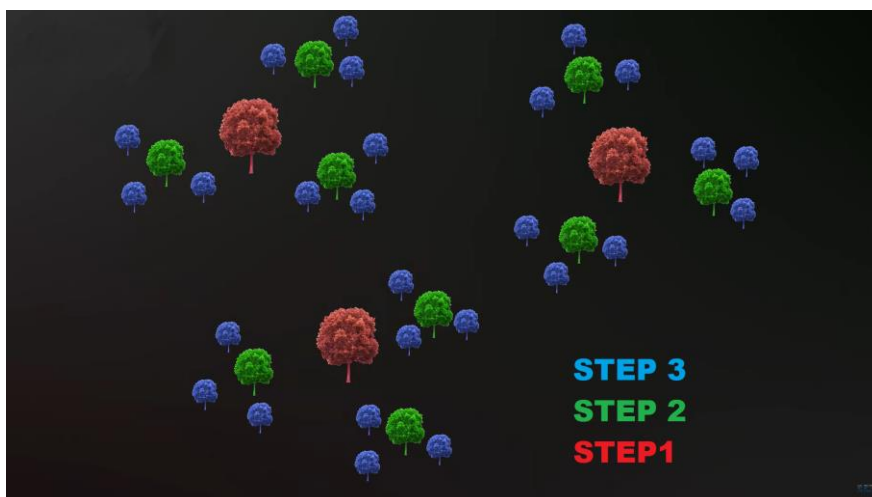


Kuva 28. Klaus (2022). Varjoon tuominen.

Kehyksen sädearvo on hyvä huomioida silloinkin, kun varjossa kasvamisen mahdollisuus sekä varjoon tuominen ovat aktiivisia. Mikäli kehyksen sädearvo on suurempi kuin varjon, tulisi se estämään jokaisen kappaleen ja siementen

istuttamisen sen sisäpuolelle. Varjoon tuotavien kappaleiden omat kehyksen sädearvot vaikuttavat mille etäisyydelle ne tullaan istuttamaan varjon langettaneesta kappaleesta sekä omista siemenistään. Näitä arvoja joutuu varmasti testaamaan useamman kerran ennen mieleisen lopputuloksen saavuttamista.

Seuraavaksi tullaan **vaiheiden määrään**. Vaiheiden arvolla määritetään, kuinka monta kertaa alkuperäisen kappaleen siemeniä tullaan levittämään ja ikäännyttämään. Tähän asetukseen vaikuttaa suoraan **siementen määrän vaiheissa** (Klaus 2022).



Kuva 29. Klaus (2022). Vaiheiden määrä on 3, siementen määrä yhden vaiheen aikana on 3.

Kuvassa 29 punaisella väritetyt puut ovat ensimmäisen vaiheen istuttamat alkuperäiset kappaleet. Nämä kappaleet puolestaan levittävät jokainen omat kolme uutta siementä ympärilleen toisen vaiheen aikana. Uudet siemenet on kuvassa väritetty vihreällä värillä. Viimeisessä eli kolmannessa vaiheessa vihreät puut levittävät omat kolme siementä, kuvassa nämä yksilöt on väritetty sinisellä värillä.

Yksinkertaisena muistisääntönä voi pitää sen, että vain viimeksi levitetty kappaleet levittävät siemeniä seuraavassa vaiheessa. Kuvan 29 esimerkissä vihreiden puiden levittäessä siniset siemenet kolmannen vaiheen aikana,

punaiset puut eivät levittäneet uusia siemeniä. Levitettyjen siementen etäisyyttä ja sen variaatiota voidaan määrittää tarkemmin myöhemmissä asetuksissa.

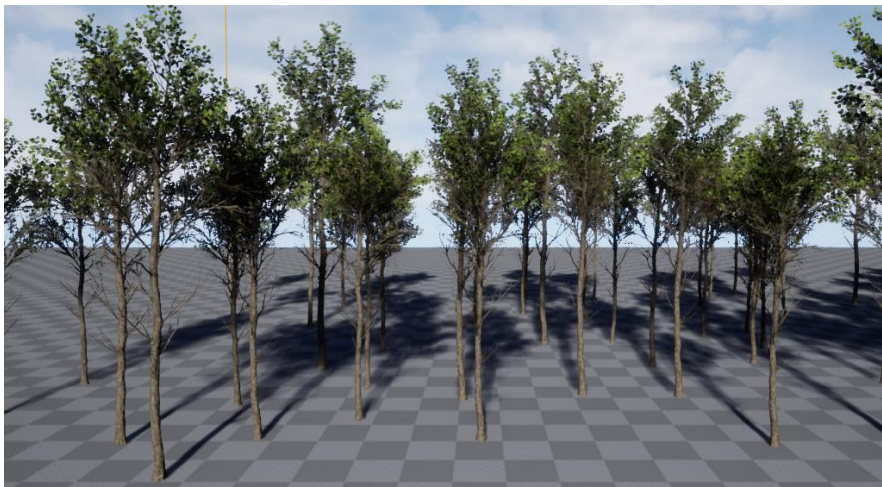
Vaiheista päästään **siemenen alkuperäiseen tiheyteen**. Tässä on hyvä olla tarkkana, sillä arvolla määritetään, kuinka monta siementä ennen ensimmäistä vaihetta istutetaan jokaiselle 10 m x 10 m:n kokoiselle alueelle. Mikäli arvo jätetään oletusarvolle, eli yksi, tulotisiin kymmenen metrin säteelle istuttamaan ainakin yksi kappale. Nämä kappaleet tulevat olemaan niitä, joista ensimmäiset siemenet lähtevät leviämään.

Yksi tapa lisätä variaatiota on määrittää **levitysetäisyyden keskiarvo**. Arvo ilmoitetaan senttimetreinä, mikäli se on 50, on se tuolloin 50 cm. Tämän keskiarvon avulla voidaan päättää, mille etäisyydelle siemenet tullaan suurin piirtein istuttamaan kappaleesta. On hyvä huomioida, että kyseessä on keskiarvo, mikäli hakee tarkkaa välimatkaa kappaleiden välille voisi kääntyä kehyksen säteen puoleen.

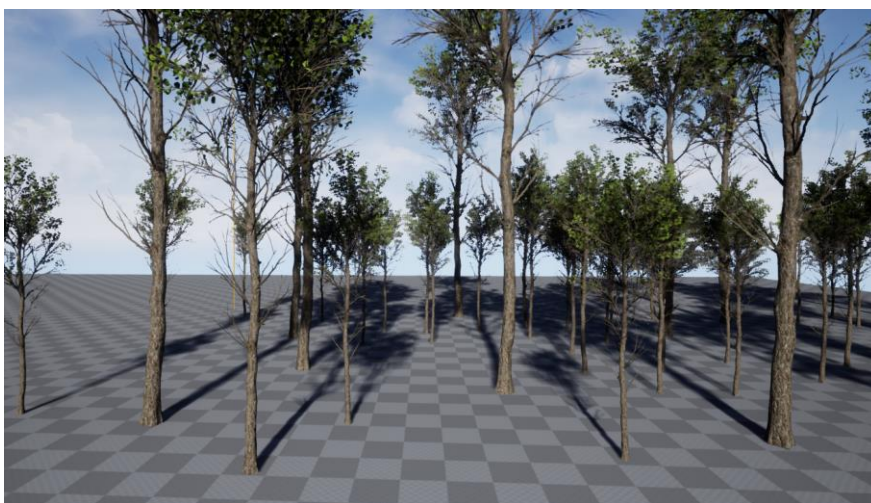
Satunnaisempaa lähestymistapaa tavoitellessa **levinneisyysvariaatio** voi auttaa. Sillä on mahdollista määrittää senttimetreinä, miinustetaanko se keskiarvosta vai lisätäänkö se siihen. Esimerkiksi: jos aikaisempi keskiarvo on määritetty 50 senttimetriin ja levinneisyysvariaatio on 20 senttimetriä, silloin arvo 20 tullaan joko miinustamaan 50 senttimetristä tai lisäämään 50 senttimetriin. Kappaleiden siementen etäisyys vaihtelee enemmän.

Toiseksi viimeisenä löytyy **päällekkäisyyden priorisointi**. Mikäli kaksi kappaletta on asettumassa samaan kohtaan, katsotaan, kumman prioriteettinen arvo on korkeampi. Korkeamman prioriteettiarvon omaava kappale istutetaan maastoon, kun taas alempiarvoinen jää ilmestymättä. Tähän päätökseen ei vaikuta edes se, että alempi prioriteettisella kappaleella olisi isompi kehyksen sädearvo.

Viimeisenä menetelmällisistä asetuksista löytyy **menetelmällinen koko**. Tästä asetuksesta löytyy minimi- sekä maksimiarvo, joita voidaan säädellä. Mikäli arvot ovat molemmissa kohdissa eri, tulee kappaleen koko varioimaan asetettujen arvojen väliltä. Jos arvot ovat samat, tulee kappale ja sen kopiot olemaan samankokoisia keskenään. Menetelmällisen koon vaikutus nähdään silloin, kun vaiheita on useampi, sillä jokaisen vaiheen aikana edelliset siemenet nousevat yhden arvon verran lähemmäs annettua maksimikokoa. Kasvamisen vauhtinopeutta on kuitenkin mahdollista hienosäätää kurviasetuksesta.



Kuva 30. Kuvakaappaus. Kertoimen määrä on oletusarvolla, eli kolme. Menetelmällisen koon minimi- ja maksimiarvot ovat 1 ja 4. Kasvun kurvi on lineaarinen.



Kuva 31. Kuvakaappaus. Vaiheiden määrä on kymmenen. Menetelmällisen koon minimi- ja maksimiarvo ovat 1 ja 4. Kasvun kurvi on lineaarinen.

Muut staattisen kappalekasvuston asetukset ovat oletusarvolla esimerkkikuvissa 30 ja 31, paitsi siementen menetelmällinen koko. Koon minimi- ja maksimiarvot asetettiin yhdestä neljään, jotta vaiheiden määriä muutettaessa nähtäisiin, miten muutos vaikuttaa myös kappaleen menetelmälliseen skaalaan.

4 Maiseman luominen

Läpikäytyjen asetusten pohjalta voidaan siirtyä tarkastelemaan, miten opinnäytetyön projektiosuus eteni. Menetelmällisen kasvustotyökalun tutkiminen pohjautuu omaan projektiin, missä yritin rakentaa maiseman aikaisemmin läpikäytyjen asetusten avulla. Yksinkertaisesti se tarkoitti sitä, etten tullut asettamaan tai muokkaamaan yhtäkään kappaletta käsin vaan se kaikki tapahtui staattisen kappalekasvuston ja tuojan asetuksia muuttelemalla.

4.1 Suunnitelma

Suunnitelman ytimenä oli saada rakennettua visuaalinen luonnonomainen maisema, josta katsoja pystyy tunnistamaan eri luonnon elementtejä. Koska kyseessä oli itsellenikin tutkimusmatka ja paljon uutta oppimista, en lähtenyt tavoittelemaan mitään kunnianhimoista, kuten todellisuuden luontoa vastaavaa lopputulosta, josta löytyy kaikki toimivan ekosysteemin osat. Kun otin huomioon oman taidon, ajan sekä tiedon, päätin tähdätä melko yksinkertaiseen maisemaan. Yksinkertaisella tarkoitan pientä aluetta, muutama tekstuuria sekä kappaletta, ettei projekti hajoaisi käsiin.

4.1.1 Alue

Toteutettavaksi alueeksi valitsin metsän. Se on itsessään laaja käsite ja niitä on paljon erilaisia. Aikomuksena ei ollut tähdätä minkään tietyn metsän ulkonäköön ja materiaaleihin vaan lähinnä kokonaisuuteen. Uskoin vahvasti pystyväni toteuttamaan metsää muistuttavan maiseman. Metsän valintaan vaikutti suurimmaksi osaksi aikaisempi projekti, jossa pääsin rakentelemaan metsämaisemia Unreal:ssa kasvustonmaalaustyökalun avulla. Kokeilin myös

kyseisen projektin aikana ensimmäistä kertaa menetelmällistä kasvustoa juuri metsäalueen rakentamiseen. Jälki ei kuitenkaan ollut mieleen ja aikaa kului turhan paljon sen kanssa säätämiseen. Nyt hieman oppineempana halusin tarttua mahdollisuuteen kokeilla uudestaan.



Kuva 32. Tunnelmataulukko.

Maisemavalinnasta luotiin projektin aluksi yksi tunnelma taulukko. Tunnelmataulukkoon on tarkoitus etsiä toteutettavaa aluetta kuvaavia kuvia, joista välittyisi mahdollisimman samankaltainen tunnelma ja ulkonäkö, mitä tekijällä itsellään on mielessä. Kuvia on mahdollista etsiä internetistä tai itse käydä ottamassa. Piirtäminenkin on täysin mahdollista. Lopuksi kaikki valitut materiaalit kasataan yhdeksi tunnelmataulukoksi.

Itselläni ei ollut tarkempia mielikuvia maisemasta kuin, että se olisi metsä, joten lähdin vapaasti seikkailemaan internetissä. Tunnelmataulukkonni lopputulos näkyy kuvassa 32. Sen kokoamisen jälkeen yritin etsiä maisemakuvista toisiaan yhdistäviä tekijöitä, joita käyttäisin ohjaavina pääelementtejä. Löysin yhteensä kolme pääelementtiä, **korkeat, harvassa kasvavat puut, kivikot ja matala**

kasvillisuus. Maisemat eivät myöskään ole avaria vaan metsä peittää suurelta osin näkyvyyden, olematta kuitenkaan liian tiheä. Useammassa kuvassa puiden väliset pituuserot ovat melko minimaaliset. Yhdessä kuvassa on myös hieman avonaisempi alue, jota ympäröi korkeat puut.

Näiden elementtien ja huomioiden perusteella päätin maisemalle kolme pääaluetta, **avara, matalakasvustollinen keskialue, kivikot** ja **metsä**, joka ympäröi keskialuetta. Alueiden jakaminen pienempiin ryhmiin helpottaa kokonaisuuden hahmottamisessa, eikä rakennettava alue pääse paisumaan liian monimutkaiseksi tai kunnianhimoiseksi.

4.1.2 Kappaleet

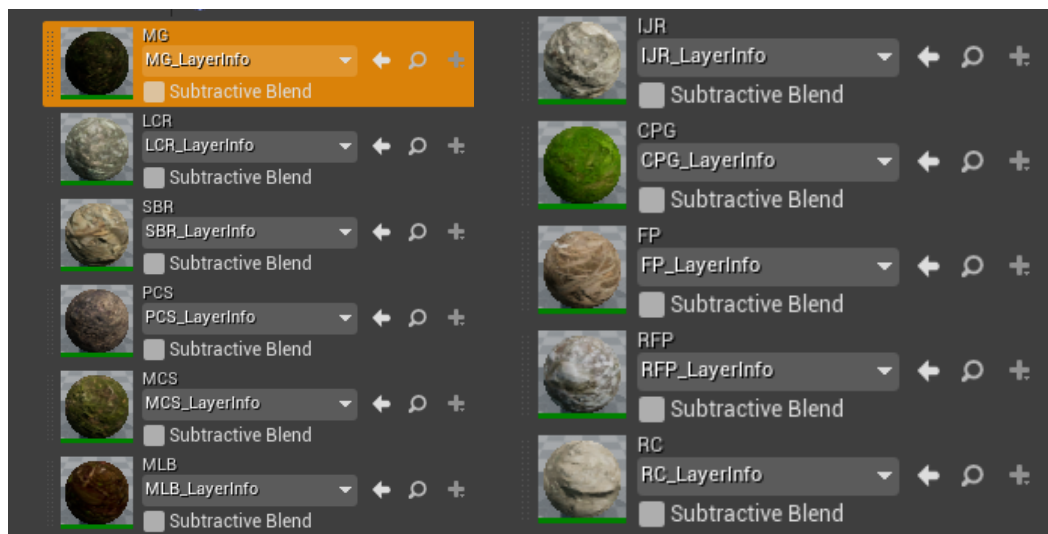
Kaikki projektissa käytetyt mallit on ladattu Unrealin omasta nettikaupasta ja Bridge- nimisen sovelluksen Megascan- kirjastosta. En ole siis itse mallintanut yhtäkään kappaletta tähän projektiin. Päätös valmiiden mallien käytöstä perustui ajankäyttöön ja laatuun. Tässä ajassa en olisi pystynyt tai ehtinyt mallintamaan tarvittavaa määrää yhtä laadukkaita malleja, kuin mitä sain muutamassa tunnissa ladattua mainituista lähteistä. Niistä löytyy laaja variaatio erilaisia malleja kuten huonekaluja, kasvillisuutta, rakennuksien osia, ruokaa sekä esineitä. Päästäkseen käsiksi näihin kirjastoihin täytyy luoda Epic Games:n käyttäjätili ja heti kirjautumisen jälkeen voi ladata mieleisiä malleja ja käyttää niitä omassa projektissa.

Mikäli haluaa aloittaa nopeasti menetelmällisen kasvuston harjoittelun, suosittelen suuresti valmiiden kappalepakettien käyttämistä. Tällä tavoin ei tarvitse käyttää aikaa jokaisen kappaleen rakentamiseen nolapisteestä ja voi keskittyä vain työkalun opettelemiseen.

4.2 Pohjustus

4.2.1 Tekstuurit

Käytin projektissa yhteensä yksitoista tekstuuria megascan- kirjastosta. Tekstuurien määrä tuntui aluksi hieman liialliselta, mutta päädyin lopuksi käyttämään niitä kaikkia. Näiden yhdentoista tekstuurin joukosta löytyy kaksi erilaista ruoho tekstuuria, yksi apila-, neljä kivi-, kaksi polku- ja toiset kaksi maaperätekstuuria.



Kuva 33. Kuvakaappaus. Projektissa käytetyt tekstuurit.

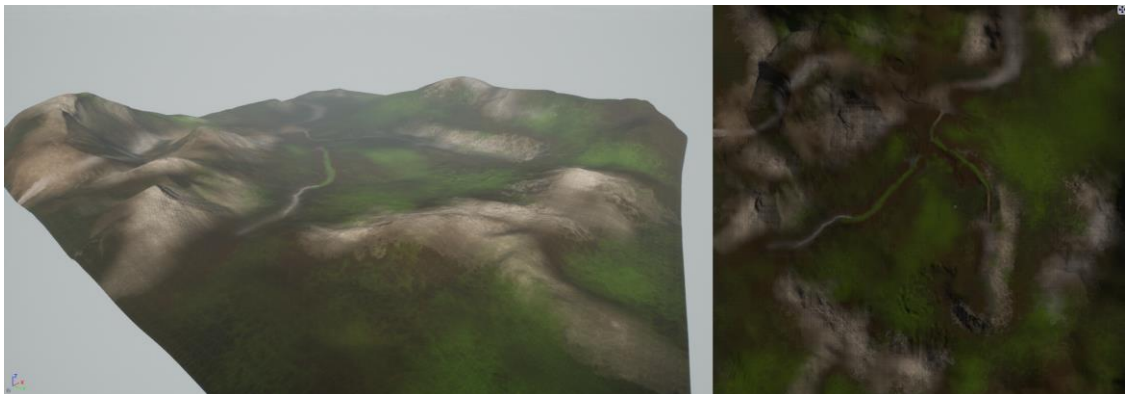
Tekstuurien nimet lyhensin niiden alkukirjaimiin. Esimerkiksi: “MossyGround” lyhensin sanaksi “MG”. Tämän nimeämisen ansiosta sisällytettäviin ja pois jätettäviin tasoihin oli myöhemmin helppo lisätä tasoja, kun ei tarvinnut kirjoittaa tekstuurin koko nimeä. Ne jäivät myös mieleen paremmin. Kyseinen tapa ei välttämättä ole parhain vaihtoehto viralliseen projektiin, mutta näin harjoittelun yhteydessä sen avulla onnistuin säästämään aikaa.

Jo tekstureita valittaessa päätin muutaman päätekstuurin, joita tulisin käyttämään eniten niille suunnatuilla pääalueilla. Kivikkoalueille käyttäisin kivi- ja maaperätekstureita, ruoho- ja apilatekstureita avaralle keskialueelle sekä maaperä- ja ruohotekstureita keskialuetta ympäröivälle metsäalueelle.

4.2.2 Maasto

Ennen kun aloin maalaamaan tekstuureita maastoon, lähdin muotoilemaan maaston pohjaa. Tavoitteena oli saada maastoon mahdollisimman laaja variaatio eri muotoisia ja jyrkkiä kumpuja, joita voisin sitten käyttää hyväksi metsä- sekä kivikkoalueiden kasvuston rakennuksessa. Kumpujen keskelle jätin avaraa tilaa varten tasaisen maa-alueen. Liian rajua variaatiota en lähtenyt tekemään, sillä tilaa oli rajatusti enkä nähnyt sitä tarpeellisena.

Veistelemisen alkupuolella muotoilin maaston ensin niin, että tilan toisessa päässä oli täysin tasainen alue ja toisella puolella maanpinnan eri variaatioita. Myöhemmin kuitenkin tajusin, etten välttämättä saa yhtä mielenkiintoista ja monipuolista lopputulosta kuin olisin toivonut. Useamman uudelleen muotoilemisen jälkeen päädyin lopputulokseen, jossa rajasin tasaisen keskialueen erimuotoisilla kummuilla ja maanpinnan muodoilla.

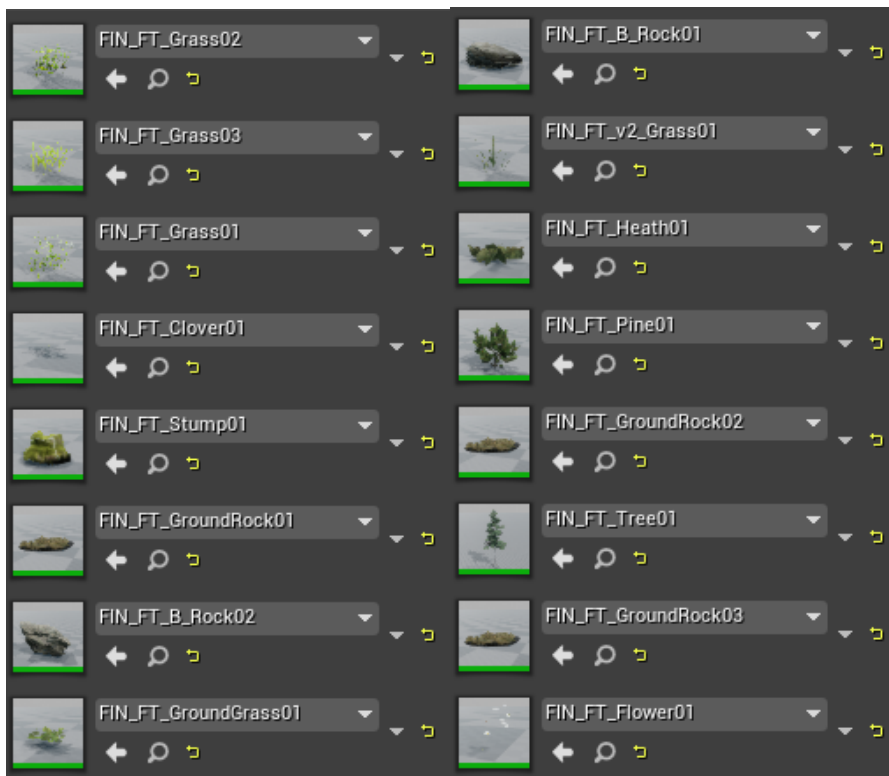


Kuva 34. Kuvakaappaus. Maaston muotoilu ja teksturointi.

Maaston lopullinen ulkonäkö teksturoituna näkyy kuvassa 34. Vaaleammat korkeat alueet tulevat olemaan kivikkoja, tummemman ruskeat alueet metsää ja vaaleanvihreät alueet avaria kohtia. Halusin sekoittaa vielä enemmän alueita keskenään ja sen vuoksi maalasin apilatekstuuria eli vaaleanvihreää muuallekin, kuin tasaiselle keskialueelle. Toinen asia, jonka tein, oli maalata tekstuurit niin, etteivät niiden rajat ole teräviä vaan ne sulautuivat melko pehmeästi toisiinsa. Pehmeät rajat saatiin toteutettua muuttelemalla pensselin painoarvoa kaikille 0 ja 1 välisille arvoille.

4.3 Menetelmällinen kasvusto

Lopullisessa projekti versiossa päädyin käyttämään vain yhtä tuojaa. Alussa työskentelin kahdella tuojalla, koska olin haalinut aivan liikaa materiaalia tämänkokoiseen projektiin. Myöhemmin raivasin suuren osan ylimääräisistä kappaleista pois ja päätin jatkaa vain yhdellä tuojalla. Olin myös siihen mennessä oppinut lisää työkalusta ja olin melko itsevarma mieleisen lopputuloksen saavuttamisesta.



Kuva 35. Kuvakaappaus. Tuojan sisältämät staattiset kappalekasvustot.

Tuojan asetukset pysyivät oletusarvoilla koko projektin ajan, en nähnyt niiden muuttamista tarpeellisina koska sain toteutettua suunnitellun lopputuloksen staattisten kappalekasvustojen asetusten avulla. Käytin projektissa vain yhtä tuotavaa tyyppiä ja keskityin sen opetteluun. Toimija- tai maisemaruohotyyppiä en ollut vielä tuolloin kokeillut tai tutkinut niin paljoa, että olisin harkinnut niiden käyttämistä projektissa.

Projektin alussa pidin tuojan koon pienempänä niin, että se peitti vain 50 % maastosta. Tällä tavalla tuojan sisällön muutokset päivittyivät nopeammin skeneen uudelleensimuloinnin jälkeen. Mitä isompi alue ja kappaleiden määrä joudutaan simuloimaan yhdellä tuojalla, sitä pidempi aika simulointiin menee. Kyse ei kuitenkaan ole tunneista tai minuuteista vaan sekunneista.

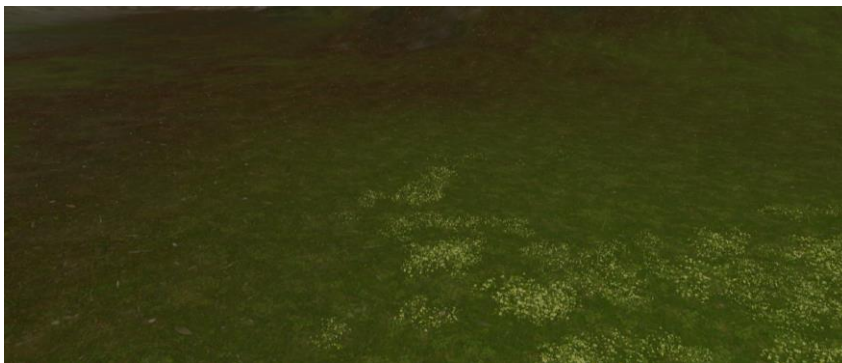
4.3.1 Avarat alueet

Aloitin menetelmällisen kasvuston rakentamisen maiseman keskeltä eli avarasta tilasta. Tällä alueella käytin enimmäkseen apilatekstuuria kuten näkyy kuvassa 34. Apilatekstuuri oli kaikista tekstuureista kirkkain, joten pehmensin sen rajoja hieman toisilla tummemmilla ruoho- ja maaperätekstuureilla. Hyvänä puolena sen kirkas väri korosti toivotulla tavalla tekstuurin päälle asetettuja kappaleita, saaden kyseiset kohdat erottumaan helposti muusta tummasta ympäristöstä. Tämän vaikutuksen näkee kuvasta 36.



Kuva 36. Kuvakaappaus maisemaprojektista. Tasainen keskialue.

Tasaiselle alueelle valitsin kappaleiksi apilan ja muutaman erilaisen ruohon. Kaikki nämä kappaleet olivat kirkkaan vihreitä, joten vaaleanvihreä pohjatekstuuri sopi niihin todella hyvin. Kappaleen ja maanpinnan välistä rajaa olisi melko hankalaa osoittaa, ellei kameraa vie todella lähelle maanpintaa.



Kuva 37. Kuvakaappaus maisemaprojektista. Apilan asettuminen maastoon.

Apilan staattisen kasvustokappaleen sijoitusasetukset määritin seuraavasti: Z-siirtymän minimiarvo on -8 ja maksimiarvo -5 . Aseta normaalin mukaan ja satunnainen kierto ja kallistumiskulma pysyvät oletusarvoilla. Maanpinnan kulman minimiarvoksi asetin 0 ja maksimiarvoksi 20 näillä arvoilla halusin varmistaa, että apiloita tulisi olemaan edes muutama niilläkin alueilla, jossa maanpinta ei ollut tasainen. Apilat tulivat siis asettumaan astekulmien 0 ja 20 välille. Korkeusarvoihin en koskenut tässä kappaleessa. Sisällytettäviin tasoihin lisäsin apilatekstuurin ja sen painoarvoksi määritin $0,05$. Tämä sai aikaan sen, että apiloita tuli vain asettumaan apilatekstuurin päälle. Minimiarvon ollessa kuitenkin näin matala, mahdollistettiin apiloiden sijoittuminen myös apila- ja naapuritekstuurin välille. Vaadittiin vain se, että apilatekstuurin painoarvo sillä alueella oli vähintään $0,05$.

Apilan menetelmälliset asetukset määritin seuraavasti: Kehyksen sädearvon laskin viiteen senttimetriin, jotta apiloiden oli mahdollista kasvaa päällekkäin. Tavoitteena oli saada tiiviitä apila ryhmittymiä, eikä yksittäisiä apiloita siellä täällä. Varjon säteen laskin 25 senttimetriin. Vaiheiden määrän laskin kahteen ja jokaisen vaiheen aikana yksi kappale levitti kolme uutta siementä. Siementen alkuperäisen tiheysarvon nostin kolmeen. Siemenen ja sen levittäneen kappaleen välisen etäisyyden keskiarvo on 20 senttimetriä ja levinneisyysvariaatio 40 senttimetriä.

Apilan kasvuasetuksiin en koskenut muuten kuin laittamalla varjoon kasvamisen päälle ja antamalla kappaleen menetelmällisen koon minimiarvoksi 0,6 ja maksimiarvoksi 3,0.

Ruoho 1:n sijoitusasetukset määritin seuraavasti: Muutin Z-siirtymän minimiarvoksi -10 ja maksimiarvoksi $-7,0$. Asettaminen normaalin mukaan, korkeus ja satunnainen kierto jäivät kaikki oletusarvoille. Maksimi kallistumiskulmaksi laitoin kolme, lähinnä siksi, että maanpinnan kulman maksimiarvo oli $25,0$. Ruoho on pitkää ja sen liika kallistuminen maanpinnan mukaisesti saattaisi näyttää kummalliselta. Sisällytettävien tasojen asetukset ovat samat apilan kanssa. Pois jätettäviin tasoihin lisäsin puolestaan kolme kivi- ja polkutekstuuria, varmuuden vuoksi, sillä apilatekstuuria oli useamman kivi- ja polkutekstuurin lähellä ja koska painoarvo sisällytettävään tasoon on $0,5$ olisi tuolloin mahdollista, että ruoho 1 asettuisi myös niiden päälle. Pois jätettävien tasojen minimipainoarvoksi asetin $0,15$.

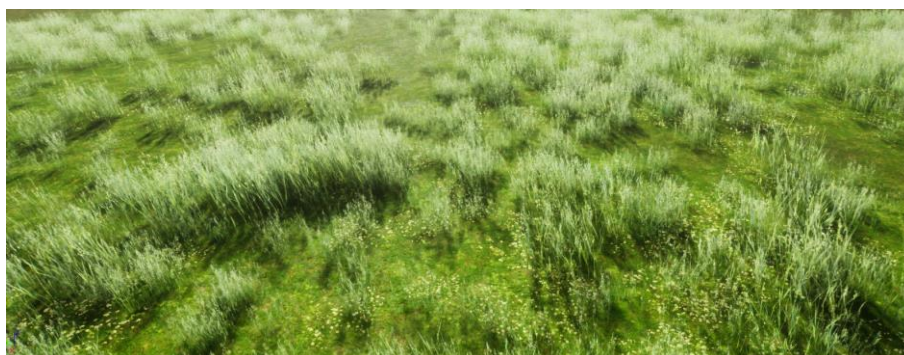
Ruoho 1:n menetelmälliset asetukset määritin seuraavasti: Kehyksen säde oli sama kuin apilalla samoista syistä. Varjon säteen laskin 30 senttimetriin. Vaiheiden määräksi laitoin kolme, siinä toivossa, että ruohoa tulisi tiheämmin. Yhden vaiheen aikana yksi kappale levittää neljä siementä, joiden etäisyys levittäjästä on 15 senttimetriä, sen variaatioarvo on 50 senttimetriä. Siementen alkuperäisen tiheyden arvo on $2,5$. **Ruoho 1:n** kasvuasetukset ovat myös samat kuin apilalla. Tällä kappaleella menetelmällisen koon minimiarvo on $0,8$ ja maksimiarvo 3 .



Kuva 38. Kuvakaappaus maisemaprojektista. Apilan ja ruoho 1:n asettuminen maastoon.

Yritin muuttaa hieman ruoho 2:n asetuksia, jotta variaatiota sen ja ruoho 1:n välille tulisi enemmän. Pienetkin arvoerot voivat antaa paremman näköistä variaatiota kahden eri kappaleen välille. **Ruoho 2:n** sijoitusasetuksiin muutin arvot seuraavasti: Kappale oli hieman isompi, joten asetin Z-siirtymän minimiarvoksi $-7,0$ ja maksimiarvoksi $-5,0$. Muut sijoitusasetukset ovat identtisiä apilan kanssa, paitsi maanpinnan kulma-arvo, joka on 15. Sisällytettävät tasot ovat samanlaiset apilan ja ruoho 1:n kanssa. Pois jätettäviin tasoihin lisäsin loputkin kivitekstuurit, lähinnä tuomaan variaatiota ja rajaamaan enemmän tätä ruoho kappaletta. Minimipainoarvoksi pois jätettäviin tasoihin pistin 0,25, sillä rajoitus tulee olemaan sopivasti pehmeän ja terävän väliltä.

Ruoho 2:n menetelmälliset asetukset muutin seuraavasti: Kehyksen säteen laskin puolestaan 15, syynä tähän oli ruohon tiheys kappaleessa. Pienemmällä kehyksellä kappaleen päällekkäin asettuminen saisi aikaan liian tiheän lopputuloksen. Arvolla 15 sain juuri sopivasti väliä. Varjon säteen pudotin neljään senttimetriin. Vaiheiden määrän laskin kahteen ja yhden vaiheen aikana yksi kappale levittää kaksi siementä. Siementen etäisyys levittäjästä on keskimäärin 50 senttimetriä ja sen variaatio on 200 senttimetriä. Alkuperäisten siementen tiheyden nostin kolmeen. **Ruoho 2:n** kasvuasetukset ovat muuten samat kuin apilalla ja ruoho 1:llä, mutta menetelmällisen koon minimiarvo on 1 ja maksimiarvo 1,5. Ruoho kappale on itsessään sen verran iso, ettei maksimiarvoa tarvinnut asettaa paljoa korkeammaksi.



Kuva 39. Kuvakaappaus maisemaprojektista. Apilan, ruoho 1:n ja 2:n asettuminen maastoon

4.3.2 Kivikot

Keskiosan kasvillisuuden jälkeen siirryin kivikkoalueisiin. Kivikkoalueiden tavoitteena oli saada isommat kivet kasautumaan korkeiden alueiden ympärille rykelminä, jotta ne peittäisivät mahdollisimman paljon kumpujen pinta-alaa. Kuvassa 40 näkyy kaikkien projektin kivien sijainnit maastossa. Niiden lopullisiin paikkoihin tuli kuitenkin vielä vaikuttamaan muiden kasvustokappaleiden kappaleet ja asetukset.



Kuva 40. Kuvakaappaus maisemaprojektista. Kivien asettuminen maastoon.

Kivi 1:n sijoitusasetukset määritin seuraavalla tavalla: Z-siirtymän minimiarvo on -5 ja maksimiarvo -2 . Aseta normaalin mukaan, korkeus, satunnainen kierto ja kallistumiskulma ovat oletusarvoilla. Maanpinnan kulman minimiarvo on $3,0$ ja maksimiarvo $45,0$, näillä arvoilla varmistan, ettei kivi tule asettumaan tasaisille alueille. Maksimiarvo on korkea juuri siksi, että kiviä tulisi asettumaan jyrkimmille kohdille. Sisällytettäviin tasoihin en lisännyt mitään, mutta pois jätettäviin laitoin apilatekstuurin ja sen minimiarvoksi $0,15$. Tämä oli toinen varmistava tekijä sille, ettei kivi tule asettumaan myöskään niihin kohtiin, jossa apilatekstuurin alla oleva maanpinta ei ollut täysin tasainen. Koska sisällytettävissä tasoissa ei ole tekstuureita ja pois jätettävissä vain apilatekstuuri, tarkoittaa se, että kivi 1:n voi sijoittua minkä tahansa muun tekstuurin päälle, kunhan maanpinnan kulma on yllä mainittujen minimi- ja maksimiarvon välillä.

Kivi 1:n menetelmälliset asetukset määritin seuraavalla tavalla: Kehyksen säteen laskin kolmeen senttimetriin ja varjon säteen kymmeneen. Pienellä kehyksen arvolla varmistin kivien pakkautumisen myös päällekkäin tilanteen salliessa. Toinen varmistettu asia oli se, että mikäli lisäisin myöhemmin kappaleen, jota en halua toisten kappaleiden varjoihin, olisi sillä tilaa kasvaa, kun muiden kappaleiden varjojen sädearvot ovat matalat. Vaiheita on kolme ja yhden vaiheen aikana yksi kappale levittää kaksi siementä. Siemenen ja levittäjäkappaleen välisen etäisyyden keskiarvo oli 50 senttimetriä ja se vaihteli 80 senttimetrillä. Alkuperäisten siementen tiheys on 2,0.

Kivi 1:n kasvuasetukset määritin seuraavalla tavalla: Varjoon kasvamisen mahdollisuus on asetettu päälle varmuudenvuoksi. Menetelmällinen koko on oletusarvoilla. Yritin aluksi nostaa kokoa suurimpiin lukuihin, mutta kappaleen tekstuuri meni epätarkaksi oletusaroja suuremmilla arvoilla.



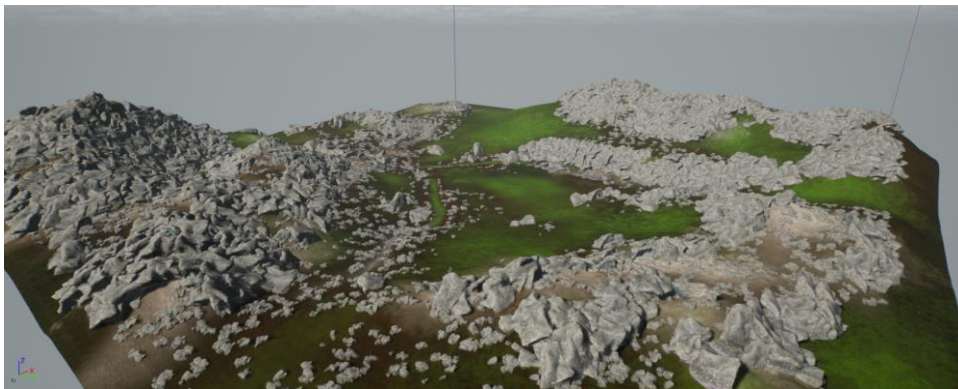
Kuva 41. Kuvakaappaus maisemaprojektista. Kivi 1:n asettuminen maastoon.

Kivi 2:n sijoitusasetukset määritin seuraavalla tavalla: Z-siirtymän arvo oli kaikista kappaleista suurin, minimiarvo on -150 ja maksimiarvo -35 . Suuret arvot johtuvat siitä, että nostin kivi 2:n menetelmällisen koon minimiarvon neljään ja maksimiarvon yhdeksään. Tämä itsessään kasvattaa kiven ja sen siementen kokoa niin, että Z-akselin sijaintia oli laitettava paljon enemmän miinuksille. Mikäli en olisi asettanut arvoja näin paljon miinukselle, olisi kivet näyttäneet hieman oudoilta maanpinnan jyrkimmissä kohdissa. Jotkin kopiot leijuisivat ja olisivat selkeästi osittain irti maasta. Suuremmalla miinusarvolla sain kivet sopeutumaan toistensa ympärille paremmin, eivätkä yksittäiset kivet näytä

hämmentäviltä. Aseta normaalin mukaan, korkeus, satunnainen kierto ja kallistumiskulma ovat oletusarvoilla. Maanpinnan kulman minimiarvo on 25,0 ja maksimiarvo 60,0. Asetin nimenomaan tämän kivikappaleen asettumaan korkeimmille paikoille sen muodon vuoksi. Kivi 1:n on littana, kun taas kivi 2 on enemmän pyöreämpi ja isompi lohcare. Se soveltui paremmin peittämään jyrkempiä kohtia. Sisällytettävät tasot jäivät tyhjiksi, kun taas pois jätettäviin lisäsin apilatekstuurin samoista syistä kuin kivi 1:llä. Pois jätettäväksi minimipainoarvoksi asetin 0,3.

Kivi 2:n menetelmälliset asetukset määritin seuraavalla tavalla: Kiven suuren koon vuoksi asetin kehyksen säteen 15 senttimetriin. Sen avulla varmistan, ettei useampi kivi päädy asettumaan täysin päällekkäin vaan jokaisesta kivistä tulee edes vähän lisää näkyvää massaa. Varjon säteen laskin 10 senttimetriin. Vaiheita on kaksi ja jokaisen vaiheen aikana yksi kappale levittää kolme siementä. Siemenen ja levittäjäkappaleen välisen etäisyyden keskiarvo on 40 senttimetriä ja se voi vaihdella 200 senttimetrillä. Alkuperäisten siementen tiheys oli 3,0.

Kivi 2:n kasvuasetukset määritin seuraavalla tavalla: Varjossa kasvaminen on päällä. Menetelmällisen koon minimiarvo oli 4 ja maksimiarvo 9.



Kuva 42. Kuvakaappaus maisemaprojektista. Kivi 1:n ja 2:n asettuminen maastoon.

Kivirykelmä 1:n sijoitusasetukset määritin seuraavasti: Z-siirtymän minimiarvo on -15 ja maksimiarvo -7 . Aseta normaalin mukaan, korkeus satunnainen kierto ja kallistumiskulma ovat oletusarvoilla. Maanpinnan kulman minimiarvo on 0 ja maksimiarvo 60. Olin tietoinen arvoja asettaessa, että jos aseta normaalin mukaan on päällä ja maanpinnan maksimikulma 60, niin kivikertymä 1:n tulisi mahdollisesti asettumaan puoliksi ilmaan jyrkkien ja tasaisen alueiden yhdistymiskohdissa. Syynä on kappaleen litteä muoto. Sisällytettävät tasot ovat tälläkin kappaleella tyhjiä. Pois jätettäviin tasoihin lisäsin yhden ruoho- ja apilatekstuurin. Painoarvoksi näille tasoille asetin 0,33.

Kivirykelmä 1:n menetelmälliset asetukset määritin seuraavalla tavalla: Kehyksen sädearvon laskin 20 senttimetriin. Kappale oli hieman pienempi ja litteä, etten halunnut riskeerata sen jäämistä kokonaan isomman kivikappaleen alle. Tällä arvolla sain kivirykelmän reunustamaan isompia kiviä pehmeämmin. Varjon sädearvon laskin 10 senttimetriin. Vaiheita on kolme ja yhden vaiheen aikana yksi kappale levittää kaksi siementä. Välimatkan keskiarvo siemenen ja sen levittäjäkappaleen välillä on 100 senttimetriä ja se voi vaihdella 250 senttimetrillä. Alkuperäisten siementen tiheys oli 2,0.

Kivirykelmä 1:n kasvuasetukset määritin seuraavasti: Varjossa kasvaminen on päällä. En aktivoinut varjoon istuttamista tähänkään kappaleeseen, sillä halusin kivikertymä 1:n levittäytyvän vapaammin. Lopullisten pienien varjoarvojen vuoksi, niihin istuttaminen olisi ollut myös mahdotonta, ellei kyseessä olisi pieni istutettava kappale. Menetelmällinen koko on oletusarvoilla.

Kivirykelmä 2 ja 3 olivat kivikertymä 1:n kopioita. Pidin todella paljon kappaleen ulkomuodosta ja siitä, miten se sopi ympäristöön. En kuitenkaan saanut tavoittelemaani jälkeä yhden kappaleen asetuksia muuttelemalla ja päätin luoda kappaleesta kaksi kloonia. Kivikertymästä 2 halusin rakentaa pienempiä yksittäisiä kiviä, sen mahdollisti kappaleen littana koko ja sen pinnan sisältämän massan korkeuserot. Nostaessa kappaleen kokoa ja laskiessa Z-siirtymää, maanpinnan yläpuolelle ilmestyi vain kappaleen korkeimmat kohdat.

Kivirykelmä 2:n sijoitusasetukset määritin seuraavasti: Z-siirtymän minimiarvo on -50 ja maksimiarvo -10 . Aseta normaalin mukaan, satunnainen kierto, kallistumiskulma ja korkeus ovat oletusarvoilla. Maanpinnan kulman minimiarvo on 5 ja maksimiarvo 15 . Sisällytettävät tasot jätin tyhjiksi mutta pois jätettäviin tasoihin lisäsin apilatekstuurin ja sille painoarvoksi $0,1$.

Kivirykelmä 2:n menetelmälliset asetukset määritin seuraavalla tavalla: Kehyksen säde on 15 senttimetriä ja varjon säde 60 senttimetriä. Vaiheita laitoin kaksi ja yhden vaiheen aikana yksi kappale levittää neljä siementä. Siemenen ja levittäjäkappaleen välisen etäisyyden keskiarvo on 50 senttimetriä ja se voi vaihdella 300 senttimetrillä. Alkuperäisten siementen tiheysarvo on $2,0$.

Kivirykelmä 2:n kasvuasetukset määritin seuraavasti: Varjossa kasvamisen laitoin päälle, kun taas varjoon istuttamisen jätin pois päältä. Menetelmällisen koon minimiarvo on 1 ja maksimiarvo 4 .

Kivirykelmä 3:n sijoitusasetukset määritin seuraavasti: Z-siirtymän minimiarvo on -38 ja maksimiarvo -10 . Aseta normaalin mukaan, satunnainen kierto, kallistumiskulma ja korkeus ovat oletusarvoilla. Maanpinnan kulman minimiarvo on 0 ja maksimiarvo 30 . Sisällytettävät ja pois jätettävät tasot jätin tyhjiksi.

Kivirykelmä 3:n menetelmälliset asetukset määritin seuraavalla tavalla: Kehyksen ja varjon sädearvot ovat samat kuin kivirykelmä 2:lla. Vaiheita on kolme ja yhden vaiheen aikana yksi kappale levittää kolme siementä. Siemenen ja levittäjäkappaleen välisen etäisyyden keski- ja sen vaihteluarvo ovat identtisiä kivirykelmä 2:n kanssa. Alkuperäisten siementen tiheysarvo on $1,2$.

Kivirykelmä 3:n kasvuasetukset määritin seuraavasti: Varjossa kasvaminen on päällä. Kappaleen menetelmällisen koon minimiarvo on 2 ja maksimiarvo 8 . Kivirykelmä 2:n koko on näillä asetuksilla reilusti isompi kuin alkuperäinen, joten yritin tasapainottaa sitä asettamalla Z-siirtymää reilummin miinukselle.



Kuva 43. Kuvakaappaus maisemaprojektista. Avaran ja kivikko alueen kappaleiden asettuminen maastoon.

Kuvassa 40 näkyy kivikko-osuuden lopputulos, kun kaikki alueelle tarkoitetut kappaleet ovat asettuneet maastoon. Kuvassa 43 puolestaan näkyy kivikko alueen sekä avaran alueen kappaleet asettuneena maastoon.

4.3.3 Metsä

Viimeisenä lähdin rakentamaan metsä osuutta. Metsässä oli eniten variaatiota kappaleiden suhteen, se sisälsi kaksi puuta, kannon, ruohon, kukan ja kanervan. Metsän kappaleiden avulla yritin yhdistää kaikkia alueita yhdeksi kokonaisuudeksi, siksi useampaa metsän kappaletta löytyy muidenkin alueiden ja kappaleiden läheisyydestä.

Kannon sijoitusasetukset määritin seuraavasti: Z-siirtymän minimiarvoksi laitoin -5 ja maksimiarvoksi $-0,5$. Aseta normaalin mukaan, satunnainen kierto, kallistumiskulma sekä korkeus ovat oletusarvoilla. Maanpinnan kulman minimiarvoksi laitoin 8 ja maksimiarvoksi 55 . Sisällytettävät tasot jätin tyhjiksi, mutta pois jätettäviin tasoihin lisäsin apila- sekä yhden polkutekstuurin. Kanto itsessään oli melkoisen tumma, joten se olisi erottunut liian hyvin kyseisien tekstuurien päältä ja siten näyttänyt erilliseltä ominaisuudelta. Pois jätettävien tasojen minimipainoarvoksi asetin $0,15$.

Kannon menetelmälliset asetukset määritin seuraavalla tavalla: Kehyksen ja varjon säteen laskin 5 senttimetriin. Halusin myös kantoihin rykelmällisen lopputuloksen. Vaiheiden määrän laskin kahteen ja yhden vaiheen aikana yksi kappale levittää kolme siementä. Siemenen ja levittäjäkappaleen välisen etäisyyden keskiarvo oli 50 senttimetriä ja siihen vaihtelua pystyi tulemaan 150 senttimetriä. Alkuperäisten siementen tiheysarvo on 3,0.

Kannon kasvuasetukset määritin seuraavasti: Varjossa kasvaminen on päällä, mutta varjoon istuttamisen jätin pois päältä. Kappaleen menetelmällisen koon minimiarvo on 1 ja maksimiarvo 2. Halusin näin pitää kannon koon pienempänä, kuin mitä se olisi oletus maksimiarvolla ollut.



Kuva 44. Kuvakaappaus maisemaprojektista. Kannon asettuminen maastoon.

Tumman ruohon sijoitusasetukset määritin seuraavasti: Z-siirtymän minimiarvo on -3 ja maksimiarvo -1 . Molemmat arvoista ovat matalia kappaleen pienen koon vuoksi. Arvoja ei tarvinnut suurentaa leijumislopputuloksen pelossa, sillä asettuminen maanpinnan mukaan on aktiivisena. Kallistumiskulma, satunnainen kierto sekä korkeusarvo ovat oletusasetuksilla. Sisällytettävät tasot jätin tyhjäksi, pois jätettäviin lisäsin apilatekstuurin mutta minimipainoarvolla 0,63. Halusin pehmentää ruohon värin muuttumista painoarvon avulla, se antaa luvan tummalle ruoholle asettua hieman haaleampiin apilatekstuurin kohtiin. Näin ollen se myös pääsee asettumaan vaaleanvihreiden ruohojen sekaan. Ei kuitenkaan ihan niille alueille, jossa tekstuurin painoarvo on 0,63 yläpuolella.

Tumman ruohon menetelmälliset asetukset määritin seuraavalla tavalla: Kehyksen säde on 2 senttimetriä ja varjon säde 80 senttimetriä. Vaiheiden määräksi asetin 4 ja yhden vaiheen aikana yksi kappale levittää 3 siementä. Siemen ja levittäjäkappaleen välisen etäisyyden keskiarvo on 100 senttimetriä ja se voi vaihdella 180 senttimetrillä. Alkuperäisten siementen tiheys oli 3,0.

Tumman ruohon kasvuasetukset määritin seuraavasti: Varjoon kasvaminen on päällä. Kappaleen menetelmällisen koon minimiarvo on 2 ja maksimiarvo 3. Nostin minimiarvoa siinä toivossa, että kappaleesta ja sen siemenistä tulisi hieman isompia.



Kuva 45. Kuvakaappaus maisemaprojektista. Kannon ja tumman ruohon asettuminen maastoon.

Matalan ruohon tarkoituksena oli peittää hieman maanpintaa ja niin sulauttaa suurempien kappaleiden ja maanpinnan välejä. Ruohon muoto on tiheä ja sen väritys oli hyvin vaalean ja tumman vihreän välissä, joten se sopi hommaan täydellisesti.

Matalan ruohon sijoitusasetukset määritin seuraavasti: Z-siirtymän minimiarvoksi annoin -2 ja maksimiarvoksi -1 . Aseta normaalin mukaan, satunnainen kierto, kallistumiskulma ja korkeus ovat oletusarvoilla. Maanpinnan kulman minimiarvo on 0 ja maksimiarvo 35. Maksimiarvolla tavoittelin ruohon sovittuvan nätisti myös jyrkemmällä alueella sijaitsevien kivien ja puiden väliin. Sisällytettävät tasot jätin tyhjäksi ja pois jätettäviin lisäsin yhden ruskeahkon maaperätekstuurin. Halusin pitää tämän ruohon vaaleammilla alueilla sen värin

vuoksi, ruskean maaperätekstuurin päälle sopi parhaiten tummimmat ja ei niin värikkäät kappaleet. Painoarvo pois jätettävälle tasolla oli 0,2.

Matalan ruohon menetelmälliset asetukset määritin seuraavalla tavalla: Kehyksen säteen arvon laskin 15 senttimetriin ja varjon säteen 80 senttimetriin. Yksittäinen kappale itsessään oli melkoisen tiheä, joten 15 senttimetrin kehyksellä sain ne ryhmittymään hieman harvempaan. Vaiheiden määräksi jätin kolme ja yhden vaiheen aikana yksi kappale levittää kolme siementä. Siemenen ja sen levittäjäkappaleen välisen etäisyyden keskiarvo on 15 senttimetriä ja vaihtelua siihen voi tulla 50 senttimetriä. Alkuperäisten siementen tiheys oli 4,0.

Matalan ruohon kasvuasetukset määritin seuraavasti: Varjossa kasvaminen on päällä ja varjoon istuttaminen pois päältä. Menetelmällisen koon minimiarvo on 1,8 ja maksimiarvo 3. Nostin minimiarvoa, etteivät kappale ja sen siemenet jäisivät turhan pieniksi. Niiden tarkoitus oli nimenomaan kattaa isompi tila, mutta ei myöskään niin, että ne olisivat yhtä suuria ruohon tai muiden kappaleiden kanssa.



Kuva 46. Kuvakaappaus maisemaprojektista. Kannon, tumman ruohon ja matalan ruohon asettuminen maastoon.

Kanervan lisäsin metsään, jotta saisin sinne hieman väriä, sen sisältämä ruoho sopi myös loistavasti alueen tummempien kappaleiden joukkoon. Se myös auttoi pehmentämään pienien ja suurien kappaleiden välitilaa, etteivät pituserot olisi niin ilmiselviä.

Kanervan sijoitusasetukset määritin seuraavasti: Z-siirtymän minimiarvo oli $-1,5$ ja maksimiarvo $-0,5$. Aseta normaalin mukaan, satunnainen kierto, kallistumiskulma ja korkeus ovat oletusarvoilla. Maanpinnan kulman minimiarvo oli 4 ja maksimiarvo 55. Kanervan ulkomuodon vuoksi se sijoittui hyvin näillä arvoilla jyrkimmillekin alueille. En päästänyt kanervaa asettumaan tasaisille alueille, sen hieman tummemman värin vuoksi. Sisällytettävät ja pois jätettävät tasot jätin tyhjiksi. Ylemmät arvot olivat mielestäni riittäviä kontrolloimaan kanervan asetuumista maastoon.

Kanervan menetelmälliset asetukset määritin seuraavalla tavalla: Kehyksen sekä varjon säteen pudotin viiteen senttimetriin. Vaiheiden määrän laskin kahteen ja siementen määrän yhden vaiheen aikana kolmeen. Siemenen ja sen levittäneen kappaleen välisen etäisyyden keskiarvo oli 50 senttimetriä ja se pystyi vaihtelemaan 150 senttimetrillä. Alkuperäisten siementen tiheys oli 3,0.

Kanervan kasvuasetukset määritin seuraavasti: Varjossa kasvaminen oli päällä ja varjoon istuttaminen pois päältä. Kappaleen menetelmällisen koon minimiarvo oli 4 ja maksimiarvo 7.



Kuva 47. Kuvakaappaus maisemaprojektista. Kannon, tumman ruohon, matalan ruohon ja kanervan asettuminen maastoon.

Männyn avulla sain maastoon hieman tuuheampaa välikasvillisuutta. Sen tarkoituksena oli tuoda muita elementtejä paremmin yhteen rajaamalla tasaisten ja jyrkkien alueiden välitiloja sekä asettamalla isojen kivirykelmien väliin. Näin saavutin hieman luonnollisemman lopputuloksen myös kivikkoihin.

Männyn sijoitusasetukset määritin seuraavasti: Z-siirtymän minimiarvo oli -3 ja maksimiarvo -2 . Aseta normaalin mukaan, satunnainen kierto, kallistumiskulma ja korkeus ovat oletusarvoilla. Maanpinnan kulman minimiarvo oli 3 ja maksimiarvo 90 . Sisällytettävät tasot jätin tyhjiksi, kun taas pois jätettäviin lisäsin apila-, maaperä- sekä polkutekstuurin. Tasojen minimipainoarvoksi asetin $0,2$. Ilman poisjätettäviä tasoja, mäntyä olisi kasvanut liian monessa paikassa, joten tämä oli yksi helpoin tapa rajoittaa sitä vaikuttamatta liikaa muihin kappaleisiin.

Männyn menetelmälliset asetukset määritin seuraavalla tavalla: Kehyksen säteen arvon laskin kahteen senttimetriin ja varjon säteen kolmeen senttimetriin. Vaiheiden määrä on oletusarvolla eli kolme. Yhden vaiheen aikana yksi kappale tulee levittämään kolme siementä. Siemenen ja sen levittäneen kappaleen välisen etäisyyden keskiarvo oli 50 senttimetriä ja se pystyi vaihtelemaan 130 senttimetrillä. Alkuperäisten siementen tiheys oli $3,0$.

Männyn kasvuasetukset määritin seuraavasti: Toisena rajoittavana tekijänä asetin varjossa kasvamisen ja varjoon istuttamisen päälle. Muiden kappaleiden sädearvojen ollessa huomattavasti pienempiä, kuin oletusarvon, sain männyt asettumaan haluttujen kappaleiden läheisyyteen. Tämä oli myös yksi syy miksi laskin männyn kehysten säteen kahteen senttimetriin, ettei se tulisi männyn asettumisen tielle. Kappaleen menetelmällisen koon minimiarvon laskin $0,5$ ja maksimiarvon $1,3$.



Kuva 48. Kuvakaappaus maisemaprojektista. Kannon, tumman ruohon, matalan ruohon, kanervan ja männyn asettuminen maastoon.

Kukan sijoitusasetukset määritin seuraavasti: Z-siirtymän minimiarvo oli -3 ja maksimiarvo -1 . Aseta normaalin mukaan, satunnainen kierto, kallistumiskulma ja korkeus ovat oletusarvoilla. Maanpinnan kulman minimiarvo on 0 ja maksimiarvo 15 . Halusin pitää kukat pois jyrkemmistä astekulmista sillä ne olisivat todennäköisesti jääneet kivien ja puiden alle. Sisällytettävät ja pois jätettävät tasot jätin tyhjiksi, mikä antaa kappaleelle luvat asettua kaikkien tekstuurien päälle.

Kukan menetelmälliset asetukset määritin seuraavalla tavalla: Kehyksen säteen laskin viiteen senttimetriin, jotta kukat voisivat kivikkojen tavoin asettua mahdollisimman lähekkäin ja niin muodostaa kukkarykelmiä. Varjon sädearvon laskin 25 senttimetriin. Vaiheiden määräksi asetin kahteen ja yhden vaiheen aikana yksi kappale levittää 3 siementä. Siemenen ja sen levittäneenkappaleen välisen etäisyyden keskiarvo on 20 senttimetriä ja se voi vaihdella 40 senttimetrillä. Alkuperäisten siementen tiheys oli $3,0$.

Kukan kasvuasetukset määritin seuraavasti: Varjossa kasvaminen on päällä ja varjoon istuttaminen pois päältä. Menetelmällisen koon minimiarvo on $1,2$ ja maksimiarvo 3 .



Kuva 49. Kuvakaappaus maisemaprojektista. Kannon, tumman ruohon, matalan ruohon, kanervan, männyn ja kukan asettuminen maastoon.

Puun sijoitusasetukset määritin seuraavasti: Z-siirtymän minimiarvoksi asetin –50 ja maksimiarvoksi –0,5. Tajusin vasta maisemaprojektin loppukuvia ottaessa, että olin asettanut väärän maksimiarvon puulle. Tästä syystä osa puista jäi leijumaan maanpinnan jyrkissä kohdissa. Aseta normaalin mukaan, satunnainen kierto, kallistumiskulma ja korkeus ovat oletusarvoilla. Maanpinnan kulman minimiarvoksi asetin 10 ja maksimiarvoksi 55. Sisällytettävät ja pois jätettävät tasot jätin tyhjiksi, maanpinnan kulma-arvot riittivät mielestäni puun asettumisen rajaukseen.

Puun menetelmälliset asetukset määritin seuraavalla tavalla: Kehyksen säteen laskin 30 senttimetriin ja varjon säteen viiteen senttimetriin. Kehyksen säteeseen jätin mittaa sen vuoksi, etteivät puut asettuisi sisäkkäin. Vaiheiden määrän laskin kahteen ja yhden vaiheen aikana yksi kappale levitti kaksi siementä. Siemen ja levittäjäkappaleen välisen etäisyyden keskiarvo on 70 senttimetriä ja siihen voi vaihdella 200 senttimetrillä. Alkuperäisten siementen tiheys oli 2,0.

Puun kasvuasetukset määritin seuraavasti: Varjossa kasvamisen laitoin päälle, mutta varjoon istuttamisen jätin pois päältä. Kappaleen menetelmällisen koon minimiarvon nostin 2,5 ja maksimiarvon 5. Puun alkuperäinen koko oli hieman liian pieni, joten maksimi ja minimiarvojen nostaminen oli tarpeellista. Sain lopputulokseen hieman realistisemmän kokoisia puita.



Kuva 50. Kuvakaappaus maisemaprojektista. Kannon, tumman ruohon, matalan ruohon, kanervan, männyn, kukan ja puun asettuminen maastoon.

Kuvissa 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59 ja 60 esitetään maisemaprojektin lopputuloksia.



Kuva 51. Kuvakaappaus. Valmis maisema, avara alue



Kuva 52. Kuvakaappaus. Valmis maisema, avara alue



Kuva 53. Kuvakaappaus. Valmis maisema, kivikko



Kuva 54. Kuvakaappaus. Valmis maisema, kivikko



Kuva 55. Kuvakaappaus. Valmis maisema, kivikko



Kuva 56. Kuvakaappaus. Valmis maisema, kivikko



Kuva 57. Kuvakaappaus. Valmis maisema, metsäalue



Kuva 58. Kuvakaappaus. Valmis maisema, metsäalue



Kuva 59. Kuvakaappaus. Valmis maisema, metsäalue



Kuva 60. Kuvakaappaus. Valmis maisema, metsäalue

5 Pohdinta

Olen tyytyväinen opinnäytetyön tutkimuksen aikana savuutettuun tietoon ja kokemukseen menetelmällisestä kasvustotyökalusta. Saatoin hieman epäillä alussa, että tulenko keräämään ja työstämään tarpeeksi informatiivisen ja kiinnostavan lopputuloksen. Kokonaisuutta oli myös prosessin keskivaiheeseen asti melkoisen haastavaa pitää kasassa ja yhtenäisenä. Aloitinkin useampaan kertaan niin kirjallisen kuin toiminnallisen osuuden uudestaan. Haaste, jonka vuoksi kokonaisuutta oli hieman vaikea suunnitella oli se, että opin koko ajan jotain uutta ja aloin ymmärtämään aikaisemmin kirjoitettuja asioita paremmin. Tällä tavalla tuli kerta toisensa jälkeen halu korjata ja tehdä aikaisempi työ paremmin. Uudelleentekemisen tarve väheni vasta sitten, kun sain toiminnallisen projektin tehtyä.

Kirjallista osuutta vaikeutti hieman myös se, että isoimpina lähteinä toimi englanninkieliset tutoriaalivideot YouTubessa ja Unreal pelimoottorin sivuilla olevat dokumentit. Videoilla oli selkeä yhteneväisyys, sillä joitain työkalun ominaisuuksia käytiin toisella videolla ja eri ominaisuuksia toisella. Millään videolla, ei käyty kaikkia pääasetuksia läpi. Aina joku jäi uupumaan tai selittäminen jäi todella lyhyeksi. Hieman myös huvitti, että informatiivisin tutoriaalivideo, jonka löysin projektin aikana ilmestyi juuri projektin viime metreillä. Sain sen avulla korjattua ja syvennettyä muutaman asetuksen selostetta.

Työn kirjallista osuutta olisi vielä voinut jatkaa menetelmällisen kasvuston tarkempaan tutkimiseen ja käydä syvemmin läpi sen jokaista komponenttia. Maisemanruoho- ja toimijatyypistä tuli todella vähän kirjoitettua enkä edes vielä käynyt kaikkia tuojan tai staattisen kappalekasvuston asetuksia läpi.

Teoriaosuudesta jäi hieman epävarmat ajatukset. Tavoittelin sellaista kokonaisuutta, jota olisin itse toivonut aloittaessani menetelmällisen kasvustotyökalun opettelemisen. Tunnen itseni vielä aloittelijaksi ja tiedot joita projektiin keräsin saattava olla hyödyllisiä muille aloittelijoille, eikä niinkään ammattilaisille.

Teoriaosuudessa käytin lähteinä eniten Unrealin sisältä ja tutoriaalivideoilta löytyviä ohjeita asetuksien tarkoituksista ja toimimisesta. Toteutin myös toisen testi projektin, jossa kokeilin ja varmistin asetuksien toimimisen, etten kirjoittaisi väärää tietoa. Tästä projektista otin myös esimerkkikuvat teoriaosuuteen.

Unreal pelimoottori oli itselleni vielä täysin uusi ohjelma noin puolitoista vuotta sitten. Pääsin sitä kokeilemaan ja opettelemaan innovaatio-projekti kurssin aikana. Projekti, jota lähdimme tuolloin toteuttamaan asiakkaan kanssa kasvatti vain kiinnostustani kyseiseen ohjelmaan ja vuosi sitten, kesällä, kokeilin ensimmäistä kertaa menetelmällistä kasvustotyökalua. Sen aikaisella osaamisella en saanut silmää miellyttäviä tuloksia vaan hommat hajosivat käsiin. Silloin jäi jopa hieman epäily työkälusta ja jatkoinkin siitä eteenpäin kasvuston maalaustyökalulla. Vasta opinnäytetyön aihetta keksiessä päätin ottaa haasteen vastaan ja lähteä tutkimaan ja kunnolla opettelemaan menetelmällistä kasvustotyökalua. Uusien tutoriaalivideoiden tullessa tajusin enemmän sen potentiaalisesta toiminnasta ja, että se tulisi olemaan isoksi hyödyksi tulevaisuudessa, vähintään omassa projekteissa. Enkä kyllä kadukkaan päätöstäni.

Opinnäytetyön avulla sain kunnolla keskittyä vain työkalun opettelemiseen, eikä tarvinnut omalla vapaa-ajalla sommitella aikaa. Työn avulla pystyin myös rajaamaan tutkittavaa aluetta niin, että mielenkiinto pysyi koko matkan ajan. Näin projektin jälkeen tunnen selkeän eron omassa taidoissani verrattuna projektin alkuun.

Projektiosuudesta olen erittäin iloinen. Aluksi tuntui hieman mahdottomalta lähteä rakentamaan maisema-alueen kasvillisuutta vain menetelmällistä kasvustotyökalua käyttäen, mutta loppujen lopuksi se tuli toteutettua. Haasteita tuli matkalla enemmän, kuin oli toivottu. Isoimpana haasteena oli juuri uuden oppiminen koko ajan, sen seurauksena myös tuli into aloittaa projektikin uudestaan ja uudestaan. Tässäkin vaikutti se, että alkoi ymmärtämään enemmän pohjituksen merkitystä eli miten muilla maisemanrakennus elementeillä oli osansa työkalun tulokseen.

Myönnän, että jos olisin jatkanut alkuperäisellä maisemallani, en olisi saanut yhtä hyvää tulosta, ellen olisi käyttänyt enemmän aikaa sen muokkaamiseen ja korjaamiseen. Muut haasteet olivatkin sitten staattisen kappalekasvuston asetukset. Niihin kului mieluinen määrä tunteja. Yleisin tilanne oli, että olin saanut noin viisi kappaletta tuojaan ja jokainen niistä asettui juuri ”täydellisesti” maastoon ja sitten seuraavan kappaleen säätämisen jälkeen ne sekoittuivat, eivätkä meinanneet millään asettua hyvin. Mietin myös useasti oikeanlaista järjestystapaa, miten lähtisin kasaamaan kappaleita tuojaan, pitäisikö ensin käsitellä kasvustokappaleiden asetukset yksitellen kuntoon? Vai olisiko parempi vaihtoehto tuoda vain niitä päällekkäin ja sitten määritellä asetuksia kun niitä on useampi jo tuojaan? En vielä löytänyt näihin sitä parhaita ratkaisua, mutta ehkä lisätutkimisen jälkeen.

Opinnäytetyön jälkeen osaan hahmottaa paljon paremmin minkälaisia pohjustusmenetelmiä ja ennakoivia menetelmällisen kasvustotyökalun käyttäminen ja potentiaalinen saavuttaminen vaatii. Ymmärrän nyt hieman paremmin sen asetuksia ja ominaisuuksia. Sain myös projektiosuuden sivussa opeteltua lisää Unreal pelimoottorin maisemanrakennuksesta, kuten maaston muotoilua, teksturointia, materiaalien rakentamista ja jälkikäsitteilyä

Näin jälkikäteen tulee mieleen useampia asioita, joita olisi voinut tehdä toisin ja osaisi nyt toteuttaa paljon paremmin. Tämän mietin kuitenkin hyvänä asiana, että tuli ainakin sen verran opittua, että pystyy itse tiedostamaan oman työnsä epäkohtia ja niille kehitysratkaisuja.

Lähteet

Epic Games 2004–2022. Unreal Engine. The world’s most open and advanced real-time 3D creation tool 2004–2022. <https://www.unrealengine.com/en-US/>. Luettu 15.1.2022.

Garth, Joe 2019. Brushify – Using Procedural Foliage in Unreal Engine 4 (Tutorial). Youtube 10.1.2019. <https://www.youtube.com/watch?v=N1QeIRp66p8>. Katsottu 15.1.2022.

Joensuu, Janne. 2016. 3D-alan sanasto: 3D-grafiikan termit suomeksi. Theseus 2016. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2016060612045>. Luettu 11.4.2022.

Klaus 2022. Unreal Engine 5: How to Create Procedural Foliage & Manual Foliage in UE5 Tutorial. YouTube 03.4.2022. https://www.youtube.com/watch?v=y_z4OLo-clS. Katsottu 12.4.2022.

Kuva 32. Tunnelmataulukko

<https://www.express.co.uk/entertainment/gaming/1034405/Red-Dead-Redemption-2-shock-PS4-and-Xbox-One-release-Date>

<https://j4k8b.artstation.com/projects/nAvPe> <https://mapio.net/pic/p-63947484/>

<https://www.biotalous.fi/oivallusvaaran-seinattomat-palvelut-tarjoavat-terveytta-ja-hyvinvointia-luonnosta/>

<https://magneettinauhaa.wordpress.com/2019/07/20/kesareissu-2019-kainuu-pohjois-karjala-ja-savo/>

Peda 2020. How to set opacity level and specify transparent background color to an image stamp in PDF Stamp Command Line software? VeryPDF 26.6.2020. <https://www.verypdf.com/wordpress/202006/how-to-set-opacity-level-and-specify-transparent-background-color-to-an-image-stamp-in-pdf-stamp-command-line-software-45382.html>. Luettu 12.4.2022.

