



LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Lahti University of Applied Sciences

FRAGMENTAATIO 3DS MAX - OHJELMASSA

Case: Maanjärityssimulaatio

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Mediatekniikan koulutusohjelma
Teknisen visualisoinnin
suuntautumisvaihtoehto
Opinnäytetyö
Kevät 2013
Petri Valdemar Karlsson

Lahden ammattikorkeakoulu
Mediatekniikan koulutusohjelma

KARLSSON, PETRI:

Fragmentaatio 3ds Max-ohjelmassa
Case: Maanjärityssimulaatio

Mediatekniikan opinnäytetyö, 35 sivua

Kevät 2013

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan fragmentaatiota eli objektien hajoamista, sortumista, pirstaloitumista ja tuhoutumista 3ds Max-ohjelmassa. Tutkittavana on niin ilmaisia kuin maksullisiakin plugineja. Fragmentaatio on pieni, mutta jatkuvasti kasvava osa 3d-mallinnusta. Sen suosio lisääntyy erityisesti viihdeteollisuudessa, kuten elokuvien erikoistehosteissa ja peleissä.

3ds Max ei itse tarjoa käytännöllisiä valmiita ratkaisuja kappaleiden fragmentointiin, joten tässä opinnäytetyössä tutkittavat pluginit ovat kaikki kolmannen osapuolen valmistamia. Plugineja tutkitaan niiden viihteellisen käytön kannalta, eikä niinkään niiden toimivuutta simulaatiossa.

Opinnäytetyön käytännön osuus koostuu eri materiaaleista olevien kappaleiden hajottamisesta, menetelmien vertailusta sekä suuresta maanjärityksen aiheuttamasta tuhoutumisanimaatiosta.

Asiasanat: 3d, fragmentaatio, maanjäritys, simulaatio, animaatio, hajoaminen, särkyminen, tuhoutuminen

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Media Technology

KARLSSON, PETRI:

Fragmentation in 3ds Max software
Case: Earthqsimulation

Bachelor's Thesis in Visualisation Engineering, 35 pages

Spring 2013

ABSTRACT

This thesis deals with object fragmentation, i.e. destruction, breaking and shattering in 3DS Max software. Fragmentation is a small but growing part of 3d modeling. Its popularity is growing most in entertainment business, such as movie visual effects and games.

3DS Max itself does not provide any practical solution for objects fragmentation so all the researched plugins are produced by third party. Both free and commercial plugins were investigated. Plugins were not explored by their functionality as part of simulation but by their usage in entertainment business.

The practical part of the thesis consists of breaking objects made of different materials, comparing fragmentation methods and making a large scale destruction simulation caused by an earthquake.

Key words: 3d, fragmentation, earthquake, simulation, animation, breaking, shattering, destruction

AVAINSANAT

Fragmentointi = esineen tai kappaleen osiin jakamista, pirstaloitumista, hajoamista ja sortumista

Plugin = suomeksi liitännäinen, on tässä tapauksessa 3ds Max -ohjelmaan liitettävä pieni ohjelma, joka toimii vain 3ds Maxin ollessa auki ja tuoden siihen lisäominaisuuksia.

Renderi = lopullisen kuvan muodostamiseen käytetty ohjelma.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	FRAGMENTAATIO-PLUGINIT	2
2.1	Fracture Voronoi	2
2.2	VoroFrag	3
2.3	Advanced Fragmenter	6
2.4	RayFire	8
2.4.1	Esittely	8
2.4.2	Käyttöliittymä ja perustoiminnot	8
2.4.3	ProBoolean	9
2.4.4	Voronoi	11
2.4.5	Interaktiivinen tuhoaminen	13
2.4.6	Erikoisominaisuudet	13
3	FRAGMENTTIEN ANIMOINTI	16
3.1	MassFx	16
3.2	RayFire ja PhysX	17
3.3	thinkingParticles	19
4	MATERIAALIT JA TEKSTUROIINTI	21
5	CASE	22
5.1	Lähtökohdat	22
5.2	Suunnittelu	22
5.3	Mallintaminen	24
5.4	Teksturointi	25
5.5	Fragmentointi	26
5.5.1	Realistinen fragmentaatio	26
5.5.2	Betonirakenteet	26
5.5.3	Lasi	28
5.5.4	Puurakenteet	28
5.6	Simulointi	29
6	YHTEENVETO	31
	LÄHTEET	34
	LIITTEET	36

1 JOHDANTO

Kappaleiden hajottaminen 3d-ympäristössä on tärkeä osa visuaalisten efektien tuotantoa. Hajonneen kappaleen jokaisen osan mallintaminen erikseen on hidasta, tehotonta ja joskus jopa mahdotonta. Kymmenen viime vuoden aikana on kehitetty sekä fysiikkaan perustuvia että proseduraalisia tapoja simuloida kappaleiden hajoamista. (Liu 2013)

Tämä opinnäytetyö käsittelee kappaleiden fragmentaatiota eli pirstaloitumista, hajoamista ja sortumista 3ds Max-ohjelmassa. Tutkittavana on niin 3ds Max-ohjelman sisäänrakennettuja ominaisuuksia kuin kaupallisia pluginejakin. Opinnäytetyön käytännön osuus koostuu eri materiaaleista olevien kappaleiden hajottamisesta, menetelmien vertailusta sekä suuresta maanjäristyksen aiheuttamasta tuhoutumisanimaatiosta.

Tämä opinnäytetyö tutkii fragmentaatiomenetelmiä niiden visuaalisen näyttävyyden ja aidon fysiikan kannalta sekä niiden käytettävyyttä esimerkiksi elokuva ja mainostuotannossa.

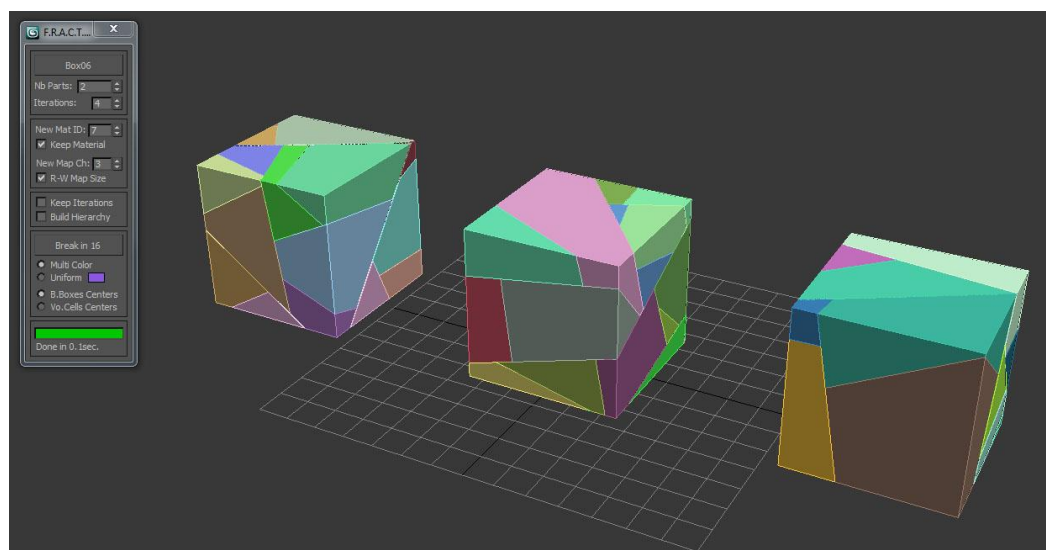
2 FRAGMENTAATIO-PLUGINIT

2.1 Fracture Voronoi

Fracture Voronoi on Garp käyttäjänimellä esiintyvän yksityishenkilön ohjelmoima, erittäin yksinkertainen fragmentaatio-ohjelma. Fracture Voronoin ensimmäinen versio on vuodelta 2009, mutta siitä on saatavilla päivitetty versio 1.1. Fracture Voronoi on ilmainen ohjelma ja se on kaikkien ladattavissa ScriptSpot-sivustolta. (ScriptSpot 2009)

FractureVoronoi avataan päävalikon MAXScriptin alta kohdasta Run Script. Ohjelma aukeaa erillisenä kelluvana ikkunanaan 3ds Maxiin. Fracture Voronoissa on vain muutamia valintoja, joita käyttäjä pääsee muuttamaan. Ensimmäisenä valitaan esine, joka halutaan hajottaa osiin. Tämä tehdään painamalla Pick Object -nappia ja sen jälkeen valitsemalla haluttu kappale. Tämän jälkeen loput valinnat ovat käytössä.

Pluginissa on muuteltavana vain muutamia arvoja, jotka vaikuttavat lopulliseen fragmentaatioon. Ensimmäinen näistä on fragmenttien määrä eli se kuinka moneen osaan kappaleen haluaa hajottaa. Toinen valittavana oleva arvo määrittelee iteraatiot, eli kuinka moneen osaan jo kerran hajotetut osat hajotetaan. Iteraatiot siis kasvattavat eksponentiaalisesti luotavien fragmenttien määrää.



Kuva 1. Kolmelle identtiselle laatikolle suoritettu fragmentaatio samoilla arvoilla.

Ohjelma laskee fragmentoinnin jokaisella kerralla eri tavalla, kuten esimerkiksi kuvassa 1 kolmelle kooltaan ja muodoltaan samanlaiselle objektille, jonka takia fragmentaatio ei ole koskaan samanlainen. Tämä on hyvä, koska esimerkiksi kolme lattialle tippuvaa lautasta ei koskaan hajoa identtisesti.

Tämä plugin ei suoranaisesti tue mitään fysiikkamoottoria, joten se ei sovellu hajoitetun kappaleen animoimiseen. Syntyneet fragmentit voidaan kuitenkin animoida minkä tahansa muun kappaleen tavoin käyttäen esimerkiksi 3ds Maxin omaa Mass FX -fysiikkamoottoria. Fracture Voronoi on erittäin kätevä fragmentointityökalu erityisesti umpinaisille kappaleille ja tilanteisiin, joissa hajoamisen ei tarvitse olla fysikaalisesti täysin oikein.

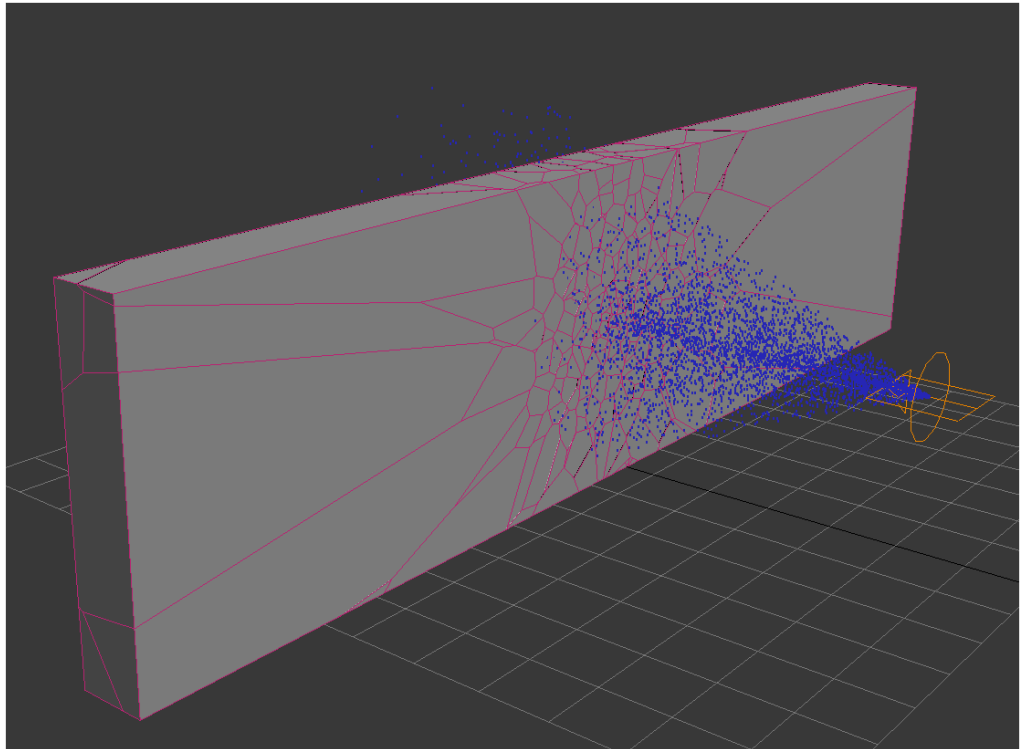
Suurimmat ongelmat Fracture Voronoin kanssa ovat kappaleet, joissa on avoimia kohtia tai jopa koko kappaleen läpi meneviä reikiä. Hyvänä esimerkkinä tästä on 3ds Maxin perusobjekteihin lukeutuva tube eli putki, jonka keskiosa on ontto. Suoritettaessa putken hajottamista Fracture Voronoilla, pyrkii se täyttämään onton keskikohdan olemattomilla fragmenteilla.

2.2 VoroFrag

VoroFrag on Fracture Voronoin tavoin täysin ilmainen, yksityishenkilön ohjelmoima ja vapaasti ladattavana oleva 3ds Maxin liitännäinen. VoroFragin on jakanut ScriptSpot-sivustolle käyttäjänimellä LittleLordPotala esiintyvä henkilö. VoroFragin ensimmäinen versio on ollut saatavilla vuoden 2012 syyskuusta asti, ja siitä on ilmestynyt kaksi päivitystä. VoroFrag asennetaan 3ds Maxiin siirtämällä asennustiedosto Maxin plugins-kansioon, jonka jälkeen VoroFrag on käytettävissä Modifier-listalla. (ScriptSpot 2012. a)

VoroFrag on Fracture Voronoita edistysellisempi fragmentointiin tarkoitettu ohjelma, joka pystyy suorittamaan kaikki hajottamisen perustoiminnot Fracture Voronoin tavoin. Perustoimintojen lisäksi VoroFrag pystyy hajottamaan esineitä 3ds Maxin partikkeleiden perusteella. VoroFragin avulla kappaleen voi hajottaa osiin 3ds Maxin PF Source- tai Super Spray-partikkeliemittereiden avulla. Partikkeleihin perustava fragmentointi on melko yksinkertaista ja sen avulla esineen hajoamisesta saadaan realistisempi ja monipuolisempi. (ScriptSpot 2012.

b)

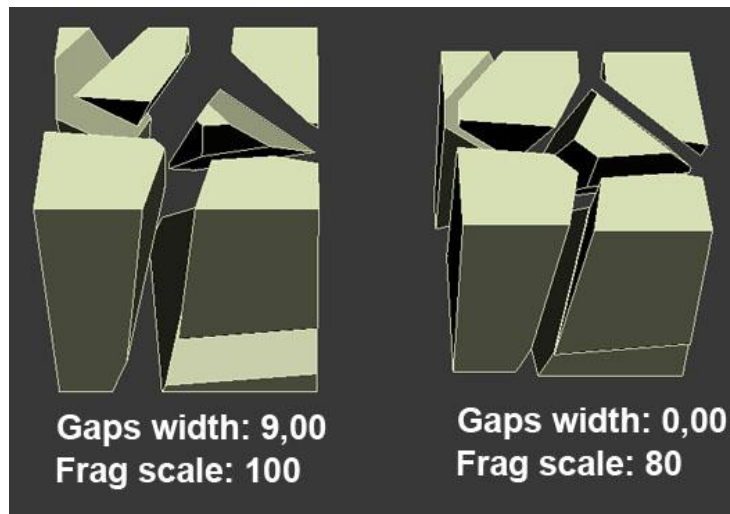


Kuva 2. Laatikko fragmentoitu VoroFragiin liitetyn SuperSpray partikkeliemitterin mukaisesti.

Partikkeleihin perustava fragmentaatio tapahtuu käytännössä niin, että hajoitettavaan kappaleeseen lisätään VoroFrag-määrittelijä. VoroFragin valinnoista valitaan Use Custom Particles ja klikataan haluttua partikkeliemitteriä. Partikkeliemitterin tulee olla suunnatuna kohti hajoitettavaa kappaletta. Tämän jälkeen VoroFrag alkaa hajoittaa kappaletta partikkelisuihkun mukaisesti, kuten kuvassa 2. Aikajanan osoitinta siirtämällä ja partikkelien määrää sekä suuntaa vaihtelemalla voidaan tehdä erilaisia variaatioita fragmentaatiosta. Kaikki muutokset tehdään siis partikkeliemitterin asetuksiin, eikä VoroFragin asetuksia tarvitse tämän jälkeen muuttaa. VoroFrag on erittäin käyttäjäystävällinen, sillä kaikki partikkeliemitterille tehtävät muutokset näkyvät fragmentaatiossa reaaliajassa. (ScriptSpot 2012. b)

Partikkeleiden lisäksi VoroFragillä voi hajottaa kappaleita myös yksinkertaisemmalla tavalla, jolloin määrittelijälle annetaan arvo kuinka moneen osaan kappale jaetaan. VoroFragissä on myös samat materiaaleihin liittyvät

ominaisuudet kuin Fracture Voronoissakin. (ScriptSpot. 2012 VoroFrag manuaali.)



Kuva 3. Fragmentoidun laatikon fragmentit eroteltu toisistaan.

VoroFrag -pluginissa on muista poikkeava ominaisuus, jolla voi kätevästi tarkastella luodun hajoitetun kappaleen sisälle muodostuneita fragmentteja. Ominaisuus on nimeltään Gaps Width eli rakojen leveys. Kuvassa 3 on säädetty Gaps Width arvoa, joka nimensä mukaan säättää fragmenttien välisiä rakoja ja samalla erottelee fragmentit toisistaan. Mitä isompi fragmenttien välinen rako on, sitä enemmän VoroFrag pienentää toisissaan kiinni olevia pintoja. Gaps Width -arvo on oletukseltaan nolla, jolloin fragmentit ovat toisissaan kiinni, eikä kappaleiden välisiä rajoja pysty näkemään renderöidyssä kuvassa. (ScriptSpot 2012. b)

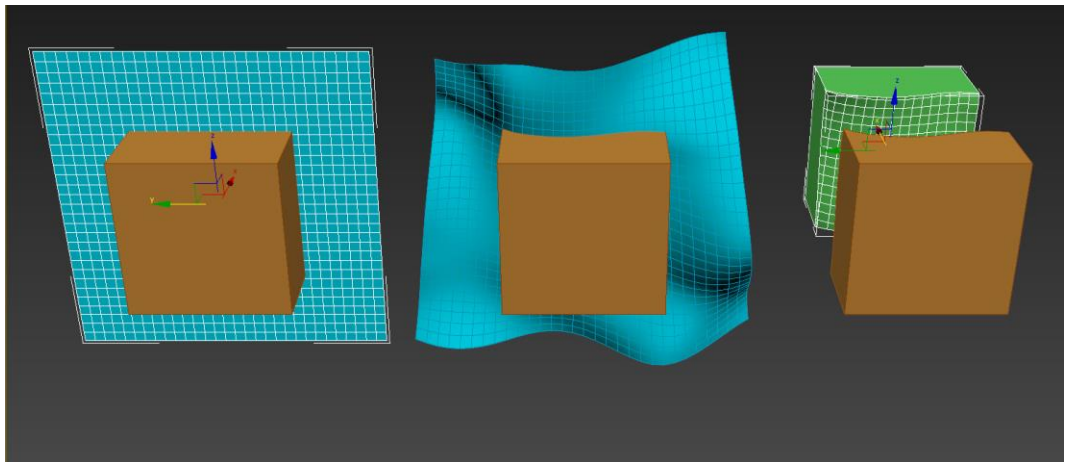
Toinen fragmenttien erotteluun tarkoitettu arvo on Frag Scale eli fragmenttien skaala. Tämä ominaisuus puolestaan skaalaa jokaista fragmenttia oman keskipisteensä suhteen. Näin ollen paitsi, että jokainen fragmentti pienenee, myös fragmenttiryhmän koko pienenee alkuperäisen kappaleen koosta. (ScriptSpot 2012. b)

2.3 Advanced Fragmenter

Advanced Fragmenter on kappaleiden puolittamiseen tarkoitettu 3ds Maxin -liitännäinen. ScriptSpot sivuston käyttäjä J-Bond on laittanut pluginin yleiseen jakoon vuonna 2013.

Advanced Fragmenter aukeaa automaattisesti erilliseen ikkunaan, kun 3ds Max avataan. Pluginin käyttöliittymässä on kolme välilehteä; Modifiers Tab, Fragment Tab sekä Post Tab. Kappaleiden hajottaminen aloitetaan Fragment-välilehdeltä valitsemalla ensin fragmentoitava kappale ja painamalla sen jälkeen Create Plane. Advanced Fragmenter luo kappaleen keskipisteeseen tason, jonka kokoa ja segmenttien määrää pystyy muuttamaan Fragment-välilehdeltä. Random Angle-arvolla voidaan määrittellä leikkaavalle tasolle satunnainen kulma. Jos arvo on nolla, taso luodaan vaakasuoraan hajoitettavaan kappaleeseen nähden.

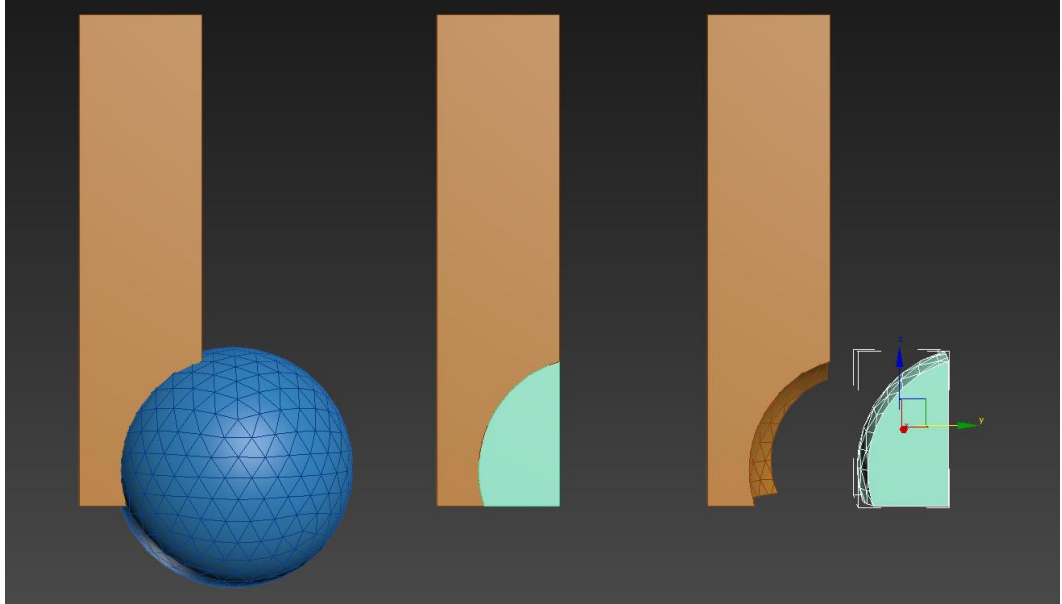
Kun halkaisijataso on halutun kokoinen ja sopivan tarkka, voidaan tason muotoa muokata Modifiers-välilehdeltä. Tältä välilehdeltä löytyy 3ds Maxin omia Modifier-listan määrittelijöitä vastaavia valintoja.



Kuva 4. Laatikon jakaminen kahtia Advanced Fragmenterin tasoa käyttäen

Noise-määrittelijällä voi lisätä tason kohinaa, eli tason epätasaisuutta. Epätasaisuuden piikikkyyttä vähennetään nostamalla scale-arvoa, jolloin sekä leikkaavasta objektista että leikattavan kappaleen leikkauspinnasta tulee aaltomaisen sulavalinjainen. Kuten kuvan 4 keskimmaisessä vaiheessa, Noise-arvoa voi antaa leikkaavalle kappaleelle X-, Y- ja Z-suunnassa, joten leikkaavasta tasosta voi tehdä todella erikoisen muotoisen, jolloin myös saumasta tulee uniikki.

Bend-määrittelijällä tasoa voidaan taivuttaa haluttuun suuntaan. Kun leikkaava taso on saatu arvoja muuttamalla halutun muotoiseksi, palataan takaisin Fragment-välilehdelle ja painetaan Cut Manual-painiketta. Halkaisun jälkeen yhdestä kappaleesta tulee kaksi erillistä objektia.



Kuva 5. Laatikko jaettu kahtia objektia käyttäen.

Kappaleen puolittamiseen ei välttämättä tarvitse käyttää tasoa, vaan fragmentointi onnistuu minkä tahansa muunkin kappaleen avulla. Kuvassa 5 halkaisu on suoritettu pallo-objektin mukaan. Mikäli halkaisuun käytetään jotakin muuta kappaletta kuin tasoa, tulee se valita fragmentoivaksi objektiksi Fragment välilehdeltä kohdasta Select Custom Cutter. Mikäli halkaisevaan kappaleeseen halutaan vaikuttaa samoilla määrittelijöillä kuin tasoon, tulee kohta Add Modifiers ruksittaa.

Fragment-välilehden kohta Fragment Selection With Plane tekee kappaleelle kokonaisvaltaisen fragmentoinnin Fracture Voronoin tavoin, mutta käyttämällä tasoja fragmentoinnissa. Draw Fragments -valinta mahdollistaa kappaleen hajottamisen piirtämällä.

2.4 RayFire

2.4.1 Esittely

RayFire on Mir Vadimin ohjelmoima, huomattavasti Fracture Voronoita ja VoroFragiä monipuolisempi fragmentaatioliitännäinen 3ds Maxiin. Pluginia on käytetty lukuisten elokuvien, kuten The Avengers, 2012 ja Transformers 3 erikoisefekteissä. Tässä opinnäytetyössä on käytössä RayFiren opiskelijaversio 1.59.01. (RayFire Studios 2013. b.)

RayFire tarjoaa erittäin hyvät ja laadukkaat ominaisuudet eri materiaaleista, kuten puusta, betonista ja lasista olevien kappaleiden hajottamiseen. RayFire on maksullinen 3ds Maxin plugin ja sen hinta on 355 dollaria. Pluginista on saatavilla myös ilmainen kokeiluversio, jossa on maksulliseen versioon verrattuna rajoitetusti ominaisuuksia. (RayFire Studios 2013. b.)

RayFire tarjoaa monia valmiita malleja fragmentaation suorittamiseen. Kaksi päämallia ovat ProBoolean ja Voronoi, joista molemmista on valittavana lukuisia eri variaatioita. Eri fragmentaatiomalleja käyttämällä saadaan aikaan toisistaan poikkeavia fragmentaatioita, joka helpottaa erilaisten hajoamisten, sortumisten ja pirstaloitumisien simulointia. Esimerkiksi jalkapallon sirpaloittama ikkunaruutu hajoaa eri fragmentaatiomallin mukaan kuin puinen aita, jota päin ajetaan autolla. Käytössä olevassa versiossa on valittavana seitsemän variaatiota ProBoolean ja seitsemän variaatiota Voronoi-mallista sekä kaksi muuta vaihtoehtoista mallia. (RayFire Studios 2013. b.)

2.4.2 Käyttöliittymä ja perustoiminnot

RayFire otetaan käyttöön 3ds Maxin Create-välilehdeltä, jonka alavetovalikosta valitaan kohta RayFire. Tämän jälkeen plugin avautuu omaan siirreltävään ikkunaansa. RayFire pitää sisällään neljä välilehteä; Objects, Physics, Fragmentation ja Layers. (RayFire Studios 2013. b.)

Objects-välilehdellä luokitellaan kappaleet kolmeen ryhmään, niiden merkityksien perusteella. Dynamic/Impact Objects-ryhmään kuuluvat hajotettavat ja

simuloitavat esineet. Tähän ryhmään kuuluvat esineet reagoivat painovoimaan heti simuloinnin alkaessa. Toiseen ryhmään, eli Static & Kinematic Objects kuuluvat esineet, jotka ovat ennalta animoituja ja toimivat hajoittajina dynaamisille kappaleille. Myös alustana toimivat kappaleet kuuluvat tähän ryhmään. Kolmas ryhmä on Sleeping Objects, joka pitää sisällään kappaleet joiden ei haluta reagoivan esimerkiksi painovoimaan ennenkuin kinemaattinen esine osuu niihin. (RayFire Studio – Menus 2013. b.)

Jokaisen ryhmän alla on valinnat siihen ryhmään kuuluvien kappaleiden materiaalista. Tämä valinta vaikuttaa staattisten kappaleiden fyysisiin ominaisuuksiin kuten kimmoisuuteen, kitkaan ja tiheyteen, mutta myös kappaleen kiinteyteen mikäli kappaleen tuhoutumista simuloidaan interaktiivisella tuhoutumisella. Valittavana on kymmenen eri materiaalia aina kovasta raudasta, tiileen ja puuhun. (RayFire Studio – Objects Tab 2013. b.)

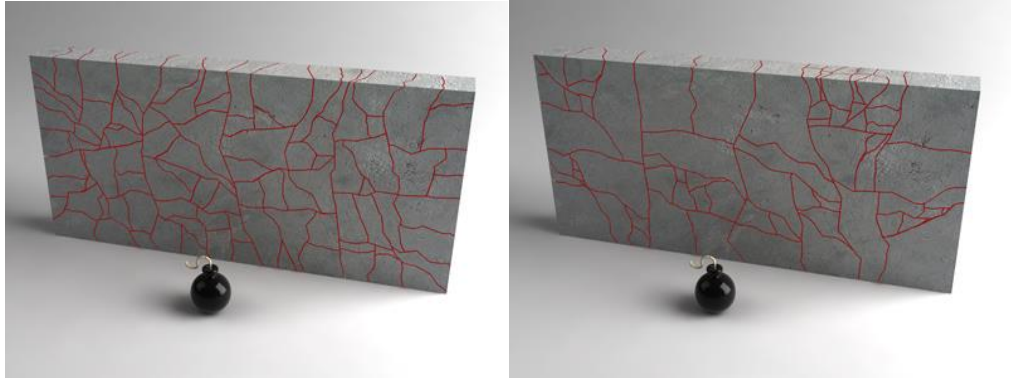
Kappaleille tehtävä fragmentaatio suoritetaan RayFiressä päävalikon kolmannessa välilehdessä eli kohdassa Fragmentation. Hajotus tapahtuu siis vain kappaleille jotka on valittu Dynamic/Impact Objects -ryhmään. Valmiita hajotusmalleja on yhteensä 16, ja jokainen niistä aiheuttaa kappaleen fragmentoitumisen eri tavalla. Valmiiden mallejen lisäksi hajotus voidaan suorittaa piirtämällä, muotojen mukaan tai kuvan perusteella. (RayFire Studio – Fragmentation Tab 2013. b.)

Luotuja fragmentaatioita voi valita, poistaa, piilottaa ja jäädyttää RayFiren Layers –välilehdeltä. Välilehdellä on kolme laatikkoa, joihin voi lisätä ja poistaa kerroksia. Ylimmistä laatikoista vasemmanpuoleinen näyttää olemassa olevat fragmentaatiokerrokset, kun taas oikealla olevassa laatikossa näkyy vasemmasta laatikosta valittuun kerrokseen vaikuttavat voimat. Alin laatikko on tarkoitettu fragmentaation tallentamiseen. Tallentamisen jälkeen samaa fragmentaatiota voi käyttää myöhemmin uudestaan toiselle kappaleelle. RayFire tallentaa fragmentaation 3ds Maxin juurikansioon. (RayFire Studio – Layers 2013. b.)

2.4.3 ProBoolean

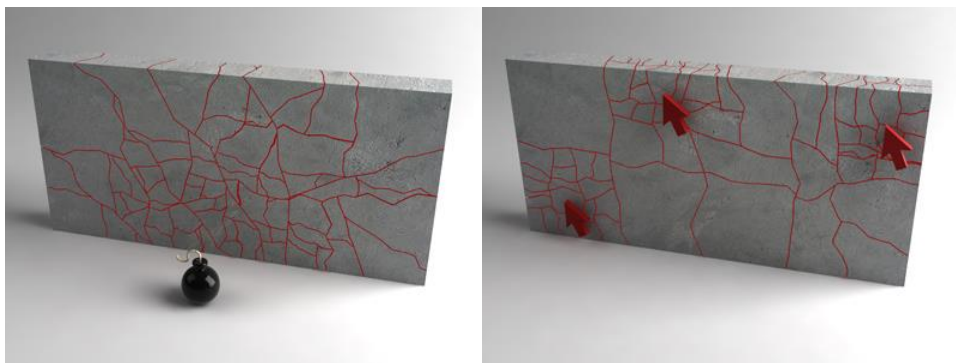
RayFire tarjoaa seitsemän erilaista variaatiota ProBoolean fragmentoinnista. Kuten kuvassa 6, Uniform-malli hajoittaa kappaleen jokseenkin samankokoisiin

mutta muodoltaan erilaisiin palasiin. Kuvassa 7 Irregular valinta tuottaa fragmentaation, jossa fragmentit ovat toisiinsa nähden selvästi erikokoisia. (RayFire Studio – ProBoolean 2013. b.)



Kuva 6. Uniform –tyyppinen fragmentaatio. Kuva 7. Irregular –tyyppinen fragmentaatio.

Impact point on malleista älykkäin. Se toimii parhaiten simulaatiossa yhdessä interaktiivisen tuhoutumisen kanssa. Interaktiivisella tuhoutumisella tarkoitetaan animaatiota, jossa hajotettavaa kappaletta ei fragmentoida ennen animointia, vaan animaation aikana tapahtuva kappaleiden törmäys määrittelee kappaleen hajoamisen. Käytännössä tämä tarkoittaa että Impact Point -valinta hajoittaa kappaleen pienempiin osiin osumakohdan ympäriltä ja suurempiin osiin sen ulkopuolelta. Mouse Cursor -variaatio on myös älykäs vaihtoehto. Se luo fragmentoinnin nimensä mukaan hiiren liikkeiden mukaisesti. Kappaletta hajotetaan siis vain alueelta jossa hiiren kursori liikkuu. Hiiren mukaan tehtävä on erittäin kätevä tilanteissa jossa tiedetään miltä alueilta kappale halutaan hajoittaa. (RayFire Studio – ProBoolean 2013. b.)



Kuva 8. Demonstraatio Impact point –tyyppisestä fragmentaatiosta.

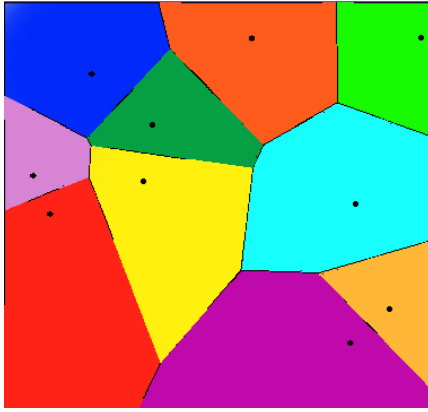
Kuva 9. Mouse cursor –tyyppinen fragmentaatio.

Pivot point-fragmentaatio luo hajoituksen kappaleen keskipisteen mukaan. Kappaleen keskipistettä siirtelemällä voidaan vaikuttaa mihin kohtaan kappaletta syntyy tiehämpää ja harvempaa fragmentointia. ProCutter Continuous malli luo koko kappaleen läpikulkevia fragmentteja toisinkuin muut ProBoolean mallit. Yksi sauma kulkee siis koko kappaleen ympäri, loppumatta tiellä olevaan saumaan. Viimeinen ProBoolean tyyppinen fragmentaatiomalli on ProCutter Wood Splinters, joka hajottaa kappaleen teräviin, puun säikeen muotoisiin kappaleisiin. Todellisuudessa säikeet ovat kuitenkin huomattavasti kapeampia ja pidempiä kuin Wood Splinters mallin tuottamat kappaleet. (RayFire Studio – ProBoolean 2013. b.)

Kaikissa ProBoolean tyyppisissä hajoitusmalleissa on samat lisävalinnat, joita vaihtelemalla pystytään vaikuttamaan fragmentaatiomallin toimintaan. Iterations-valinta määrittelee suoraan kuinka moneen osaan kappale hajoitetaan. Chaos-arvolla 0-100 vaikutetaan puolestaan siihen ovatko fragmenttien päälinjat vertikaalisesti ja horisontaalasti suorassa vai kulkevatko ne myös vinottain. Detalization-arvolla määritellään kuinka tarkka leikkauspinnasta tulee. Mitä suurempi arvo on, sitä tarkemman verkon 3ds Max tekee leikkauspinnalle. Viimeinen muutettava arvo on noise strength, joka määrittelee kuinka suuria suunnan muutoksia fragmenttien saumoissa on. Pieni arvo tekee lähes suoran sauman, kun taas suuri arvo aiheuttaa ailahtelevan sauman. (RayFire Studio – ProBoolean 2013 b.)

2.4.4 Voronoi

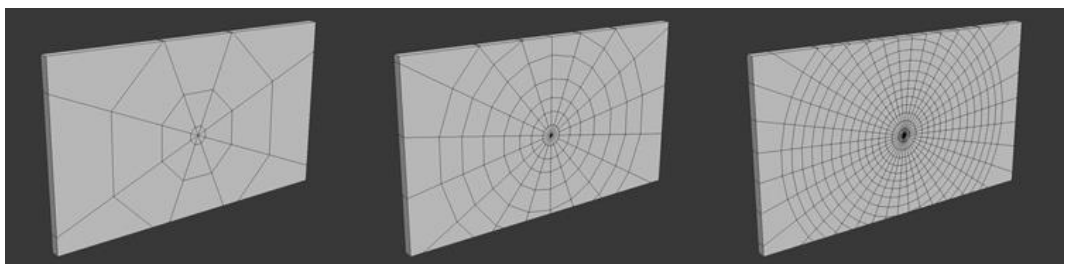
RayFiren Voronoi-tyyppiset hajotusvaihtoehdot ovat nimiltään lähes samanlaiset kuin ProBoolean-malleissa, mutta perustuvat laskentamalliltaan Voronoi diagrammiin. Kuvassa 10 pinta on hajoitettu kymmeneen osaan käyttäen Voronoi-diagrammia. Voronoi-diagrammi on matemaattinen tapa jakaa tila osiin. Voronoi-diagrammi jakaa pinnan pisteiden avulla monitahokkaisiin niin, että jokaiseen pisteeseen liittyy toinen monitahokas. Tämän monitahokkaan muodostavat ne pisteet, jotka ovat pistettä lähinnä. (Aalto yliopisto, 2013);(RayFire Studio – Voronoi 2013. b.)



Kuva 10. Pinta hajoitettu Voronoi-diagrammilla.

Voronoi –tyyppisissä fragmentaatiokaavoissa on jokaisessa omat säädeltävät arvot, joilla vaikutetaan fragmentaation toteutumiseen. Arvot poikkeavat ProBoolean -tyyppisten mallien arvoista. Yleisimpiä ovat iterations eli iteraatiot, offspring eli jälkeläiset sekä divergence eli eroavuus. Nämä arvot on säädeltävissä kaikissa fragmentaatio tyypeissä, paitsi Voronoi–Wood Splinters ja -Uniform malleissa.(RayFire Studios – Voronoi 2013. b.)

Suurin osa valmiista Voronoi-malleista tuottaa samankaltaisen tuloksen kuin vastaavat ProBoolean-mallit. Radial-, select particles or geometry- ja thickness-malli löytyy kuitenkin vain Voronoi-tyyppisistä malleista. Radial-tyyppinen fragmentaatio tuottaa hämähäkinseinin kaltaisen verkkofragmentaation. Kuten kuvassa 11 näkyy, lopputulos ei vastaa todellisuutta, sillä kappaleet eivät oikeassa luonnossa koskaan hajoa tasaisen kokoisiin tai tasaisesti kasvaviin kappaleisiin. Näin ollen Radial-mallin käyttö on lähinnä viihteellinen. (RayFire Studios – Voronoi 2013 b.)



Kuva 11. Radial –tyyppinen fragmentaatio Rings \ Rays -arvoilla 4\8, 8\16 ja 16\32.

Select particles or geometry –malli fragmentoi kappaleen toisen kappaleen muotojen mukaisesti. Fragmentaatioon vaikuttavia arvoja säätämällä voidaan muuttaa hajotuksen toteuttamistapaa. Fragmentaatio voidaan suorittaa suoraan

hajoittavan kappaleen mukaisesti, kun taas jälkeläisyysarvoa pienentämällä voidaan tehdä hyvinkin paljon alkuperäisestä kappaleesta poikkeavia fragmentaatioita. (RayFire Studios – Voronoi 2013 b.)

Thickness, eli paksuusmalli, fragmentoi kappaleen tiheämmin ja pienempiin osiin kohdista jossa sen paksuus on pienempi. Tämä fragmentaatiomalli käyttää hyväkseen kappaleen topologiaa määrittääkseen ohuet kohdat. Thickness-malli toimii parhaiten sellaisten kappaleiden kanssa, joissa kappaleen paksuus vaihtelee. (RayFire Studios – Voronoi 2013 b.)

2.4.5 Interaktiivinen tuhoaminen

RayFiressa on muista fragmentaatio-plugineista poiketen mahdollista suorittaa kappaleiden hajoittaminen fysiikkaan perustuvalla interaktiivisella tuhoutumisella. Tämä tarkoittaa ettei kappaletta tarvitse etukäteen fragmentoida osiin, vaan ohjelma laskee itse kappaleen fragmentoitumisen. Tämä ominaisuus otetaan käyttöön RayFiren Physics-välilehden aivan alalaidasta kohdasta Demolition Properties. (RayFire Studios – Demolition properties 2013 b.)

Kappaleen hajoaminen vaatii luonnollisesti osumisen toiseen kappaleeseen. Kappaleiden törmäminen voi tapahtua animoimalla etukäteen toinen tai molemmat törmäävistä kappaleista tai aiheuttaa kappaleiden törmäminen jollakin voimalla, esimerkiksi maan vetovoimalla. Interaktiivista tuhoutumista käytettäessä on hyvä valita ProBoolean - Impact point- tai Voronoi - Impact point-fragmentaatiomalli, jolloin osumakohdan lähiympäristö hajoaa pienempiin osiin kuin iskukohdasta kauempana olevat osat. (RayFire Studios – Demolition properties 2013. b.)

2.4.6 Erikoisominaisuudet

Cluster on RayFiren ominaisuus, jonka avulla kappaletta hajoitettaessa voidaan sitoa fragmentteja ryhmiin. Useista fragmenteista koostuvat ryhmät ovat muodoltaan huomattavasti yksittäisiä fragmentteja epäsäännöllisempiä ja realistisemmän näköisiä. Cluster-ominaisuus otetaan käyttöön Fragmentation-

välilehdeltä ja sen toteutumiseen voidaan vaikuttaa muutamilla arvoilla. (RayFire Studios – Cluster properties 2013)



Kuva 12. Cluster -ominaisuus arvoilla 25 ja 80.

Max Cluster size määrittelee prosenteissa kuinka suuri ryhmän koko voi olla verrattuna alkuperäisen kappaleen kokoon. Arvoa on mahdollista säädellä välillä 0-100. Kuvassa 12 näkyy kuinka värillisten alueiden sisällä olevat fragmentit ovat sitoutuneet suuremmiksi ryhmiksi. Pieni arvo tekee vain vähän ryhmittelyä kun taas suuri arvo tekee ryhmiä joihin kuuluu paljon fragmentteja. (RayFireStudio – Cluster properties 2013)

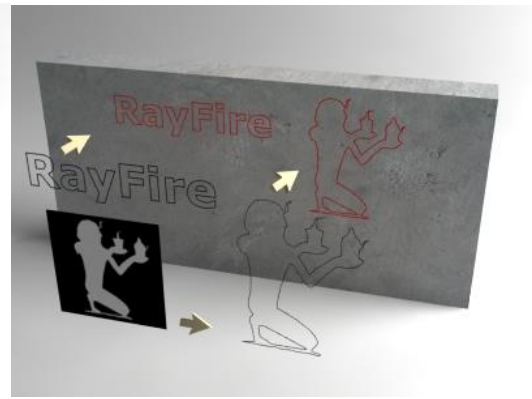
Fragments use -arvolla voidaan määritellä ryhmään liitettävien fragmenttien määrää. Joissakin tilanteissa on hyvä saada ryhmistä jatkuvan näköisiä, eli liittää ryhmään ainoastaan fragmentteja jotka ovat lähellä ryhmän runkoa. Ryhmän jatkuvuutta voi säädellä Continuity-arvoa muuttamalla. Arvo on oletukseltaan nolla, jolloin ominaisuus ei ole käytössä. Arvoa kasvattamalla RayFire estää liian kaukana ryhmän rungosta olevia fragmentteja liittymästä ryhmään. Impact size-arvo toimii samalla tavalla kuin Continuity-arvo, mutta estää määritellyn säteen päässä olevia fragmentteja liittymästä ryhmään. (RayFireStudio – Cluster 2013)

RayFiren erikoisominaisuuksiin kuuluu myös kappaleiden hajottaminen piirtämisen, muotojen ja kuvien mukaan. Kappaleen voi hajoittaa RayFiressä piirtämällä viivoja hajoitettavan kappaleen päälle. Kuvassa 13 punainen nuoli kuvastaa hiiren liikettä kappaleen päällä. Tämä tehdään Fragmentation-välilehdeltä kohdasta Draw Fragment Mode, jonka jälkeen piirto-ominaisuus on käytössä. (RayFireStudio - Draw Fragment Mode 2013)

Kuvan 14 fragmentaatio on suoritettu käyttämällä mustavalko-bittikarttaa ja 3ds Maxissa tehtyjä muotoja. Muodot ja bittikartat, joiden mukaan fragmentaatio tehdään, otetaan käyttöön Fragmentation-välilehdeltä kohdasta Fragmentation by Shapes. Bittikartat haetaan tietokoneelta kansioista jossa ne sijaitsevat. Muodot puolestaan piirretään Create shapes -painiketta painamalla.(RayFireStudio - Draw Fragment Mode 2013)



Kuva 13. Kappale piirtämisen mukaan fragmentoituna.



Kuva 14. Fragmentointi kuvan ja muodon mukaisesti.

3 FRAGMENTTIEN ANIMOINTI

3.1 MassFx

Fragmentteja voidaan animoida 3ds Maxin omalla fysiikkamoottorilla. Yksikään fragmentaatio-plugineista ei suoraan tue MassFx-moottoria, mutta kaikilla plugineilla luotuja fragmentteja voi animoida sillä.

MassFx:ää käytettäessä kaikkia fragmentteja tulee ajatella yksittäisinä kappaleina. Jokaiselle fragmentille annetaan oma dynamic rigid body, eli kerrotaan fysiikkamoottorille kappaleiden olevan mukana simulaatiossa. Tämän jälkeen kappaleiden fyysisiä ominaisuuksia, kuten kitkaa, kimmoisuutta ja massaa, voi säädellä MassFx:n valikoista.

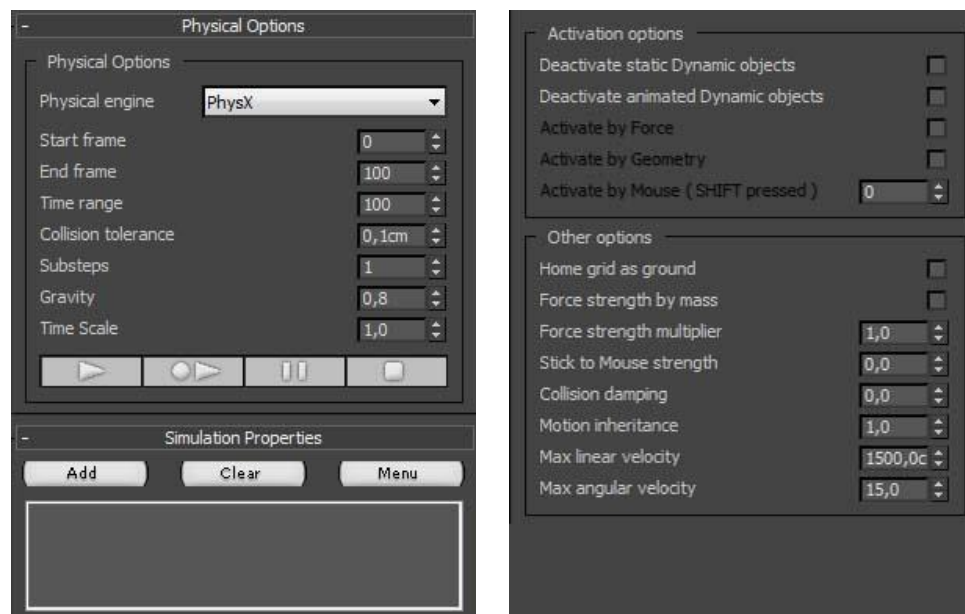
MassFx:n ja fragmenttien käyttöön yhdessä liittyy joitakin ongelmia. Erityisesti putoavien kappaleiden kohdalla kohtaa ongelman fragmenttien kasassa pysymisen kanssa. Usein fragmenttien halutaan pysyvän kiinni toisissaan ja muodostavan alkuperäisen kappaleen aina törmäämishetkeen asti. Kappaleen hajoaminen jo ennen törmäystä on yleistä, ja se johtuu erikokoisten fragmenttien näennäisistä massaeroista. MassFx:n sisäisiä voimia, kuten kitkaa säätämällä kappaleen kasassa pysymistä pystytään parantamaan. Parhaan tuloksen saa kuitenkin jos jokainen fragmentti sidotaan toisiinsa aina törmäämishetkeen asti. Fragmenttien sitominen onnistuu esimerkiksi luomalla Rigid Constraint –yhteyksiä fragmenttien väliin. Tämä on kuitenkin erittäin työlästä, sillä jokainen fragmentti on linkitettävä toiseen manuaalisesti. Rigid Constraint ei tule kysymykseenkään simuloitaessa kappaleiden hajoamista, jotka pitävät sisällään satoja tai jopa tuhansia fragmentteja.

Toinen ongelma MassFX:n käytössä fragmenttien simuloinnissa tulee esiin monimutkaisten fragmenttien kohdalla. Rosoiset, monimutkaiset ja epätasaiset pinnat ovat MassFx:lle usein vaikeita laskea, mikä aiheuttaa fragmenttiryhmän hallitsemattoman liikehdinnän. Ryhmä saattaa räjähtää luonnottomalla voimalla ympäri miljootta täysin ilman ulkoisia voimia tai törmäystä.

3.2 RayFire ja PhysX

RayFiressä on mahdollisuus valita haluaako simulaation suorittaa käyttämällä avoimen lähdekoodin Bullet- vai Nvidian kehittämää PhysX-fysiikkamoottoria. Käytössä olevassa RayFire versiossa Bullet-moottori on vielä betavaiheessa, joten tässä opinnäytetyössä tarkastellaan simulointia PhysX-moottorilla. (Bullet Physics Library 2012)

RayFire pystyy siis kappaleiden hajoittamisen lisäksi myös simuloimaan luodut fragmentit. Simulaatio tehdään RayFiren Physics-välilehdeltä. PhysX sisältää fysiikkamoottoreille ominaiset perusominaisuudet kuten gravitaation, animaation alivaiheiden määrän ja törmäyksen toleranssin määrittelyt. Lisäksi RayFiressä pystyy hidastamaan tai nopeuttamaan animaatiota suhteessa oikeaan aikaan. Tämä onnistuu säätämällä Time Scale -arvoa, joka on oletusarvoltaan yksi. Käytössä olevassa opiskelijaversiossa on rajoitettu simulaation pituus 150:een ruutuun, eli kuuteen sekuntiin. Ostetussa versiossa simulaatiolle ei ole määritelty enimmäispituutta. (RayFireStudio 2013)



Kuva 15. RayFiren Physics -välilehti

Kuten kuvassa 15 näkyy, perusominaisuuksien alla on painikkeet simulaation käynnistämiseen. Ensimmäinen neljästä napista käynnistää simulaation esikatselutilassa. Esikatselu ajaa simulaation läpi kerran, mutta ei tee siitä keyframe-animaatiota. Keyframe-animaatiossa jokaisen kappaleen jokainen liike

tallennetaan ruutu kerrallaan, jolloin animaatio voidaan ajaa jälkikäteen suoraan 3ds Maxin näyttöikkunasta ilman että hajotusta tarvitsee joka kerta laskea uudelleen. Esikatselutila simuloi vain proseduraalisesti fragmentoidut kappaleet, mutta fysiikkaan perustuva hajoittaminen ei ole käytössä. (RayFireStudio – Simulation properties 2013. b.)

Toinen nappi, eli bake animation, simuloi proseduraalisesti hajoitetut kappaleet mutta samalla myös fysiikkaan perustuvan fragmentoitumisen. Simuloimisen lisäksi bake animation muodostaa simulaatiosta keyframe-animaation. Bake animation on huomattavasti esikatselutilaa hitaampi vaihtoehto, varsinkin jos interaktiivinen tuhoutuminen on käytössä. (RayFireStudio – Simulation properties 2013. b.)

Kolmas nappi keskeyttää animaation, jonka jälkeen animaatioon voidaan tehdä muutoksia ja sen jälkeen simulaatiota voidaan jatkaa samasta kohdasta kohdasta. Viimeinen nappi pysäyttää simulaation ja tallentaa senhetkisen tilan. (RayFireStudio – Simulation properties 2013. b.)

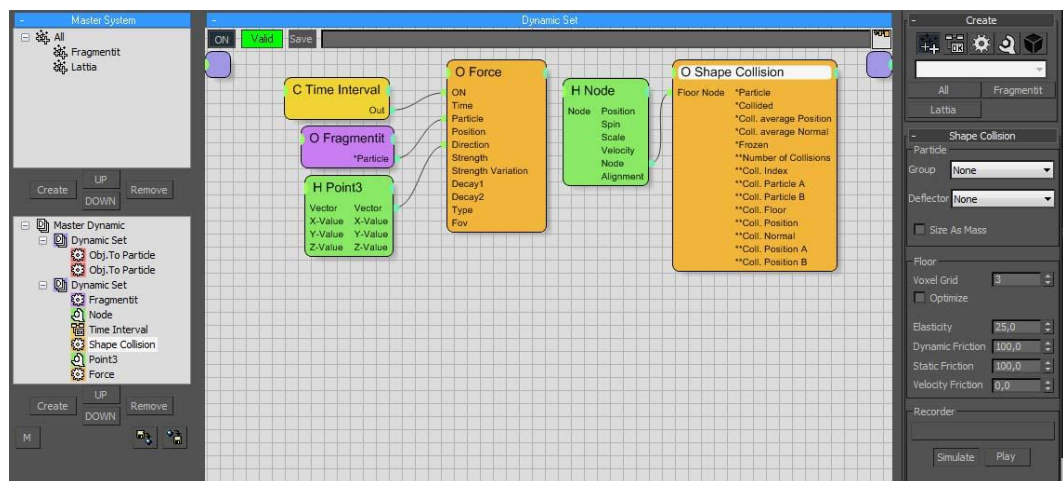
RayFire tukee suoraan joitakin 3ds Maxin sisäisiä voimia, kuten tuulta, painovoimaa, vetämistä ja pommia. Halutut voimat lisätään Simulation Properties -kohtaan Add-nappia painamalla, jonka jälkeen valitut voimat vaikuttavat simulaation kulkuun. Samaisessa kohdassa voidaan lisätä myös muotoja, joilla halutaan kuvata kappaleen vahvoja rakenteita. Muodot ovat yleensä viivoja, joiden ympäristö tulee tule kestämään muita kappaleen osia paremmin. (RayFireStudio – Simulation properties 2013)

Voimien lisäksi Rayfire tukee myös 3ds Maxin partikkeleita aina versiosta 1.58.04 alkaen. Partikkelijärjestelmät lisätään myös samaan kohtaan kuin voimat ja muodot. Partikkeleiden käyttö on erittäin perusteltua kun halutaan luoda animaatioita, joissa suuri määrä kappaleita hajoaa kappaleiksi. Partikkelit muuttuvat omiksi kappaleikseen, ja näin ollen alkavat myös hajota, sillä hetkellä ku ne osuvat RayFiressä määriteltyyn lattiatasoon. (RayFireStudio – Simulation properties 2013)

3.3 thinkingParticles

thinkingParticles on Cebas nimisen yrityksen kehittämä dynaamisten efektien järjestelmä 3ds Max-ohjelmaa varten. thinkingParticlesia on käytetty lukuisten elokuvien, kuten Avengers, 2012 ja Battleship erikoistehosteissa. Plugin maksaa noin 1500 dollaria, mutta siitä on saatavissa ilmainen kokeiluversio, jossa joitakin ominaisuuksia on rajattu. thinkingParticlesissa on suuri määrä ominaisuuksia autojen animoinnista tuhoutumisanimaatioihin. Tässä opinnäytetyössä perehdytään thinkingParticlesin käyttöön valmiiksi hajoitettujen kappaleiden fragmenttien animoinnissa. (Cebas 2013.)

Thinking Particles on 3ds Maxiin asennettava plugin, joka aukeaa omissa ikkunassaan. Plugini on niin sanotusti node-pohjainen, eli ohjelman avulla ohjelmoidaan ilman että koodia tarvitsee oikeasti kirjoittaa. Kappaleille annetaan käskyt erilaisia valmiita määrittelijöitä käyttämällä. (Braun, E. 2010)



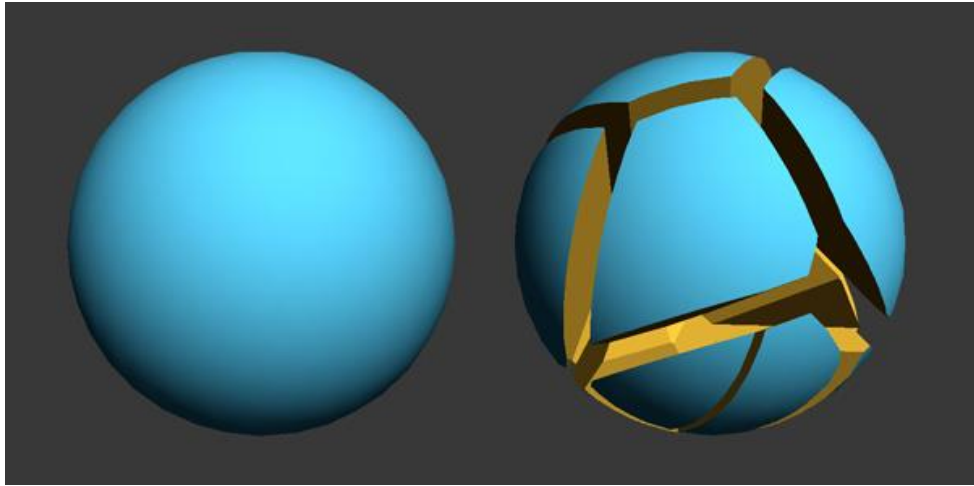
Kuva 16. Yksinkertaisen sortumiseen tarvittavat määrittelijät thinkingParticlesissa

thinkingParticlesia tutkitaan tässä yhteydessä erittäin pintapuolisesti, ja ainoastaan sen fragmentaatiolle ja fragmenttien animointiin tarjoamien ominaisuuksien kannalta. thinkingParticlesin avulla on helppo hallita suuria määriä fragmentteja yhtäaikaaisesti, luoda eri materiaaleista tehdyistä osista ryhmiä ja luoda ryhmien välille siteitä. Samassa ryhmässä olevien fragmenttien välisten siteiden vahvuutta voidaan vaihtaa säätämällä niiden välistä kitkaa ja elastisuutta. Eri ryhmiä voi puolestaan sitoa toisiinsa thinkingParticlesin omilla tP Jointeilla, eli yhteyksillä. (Chen H. 2011);(Vimeo – maxbondarchuk 2012.)

Kuvassa 16 esiintyvä thinkingParticles-järjestelmä on esimerkki yksinkertaiseen sortumiseen tai kappaleen hajoamiseen tarvittavasta määrittelijajoukosta. Joukko koostuu kuudesta nodesta, eli määrittelijästä. Kuvan lila laatikko on niin sanottu fragmentti node, joka määrittelee kappaleet jotka ovat mukana simulaatiossa. Time Interval node puolestaan rajaa aikavälin jolla simulaatio tapahtuu. Force nodella luodaan simulaatioon fragmentteihin vaikuttava voima, joka yleisimmin on maanvetovoima. Realistinen vetovoima saadaan aikaiseksi asettamalla force noden vahvuusarvo oikeaan maanvetovoimaan eli 9,8 metriin sekunnissa. Lisäksi voimalle täytyy määritellä suunta, joka yleensä on alaspäin. Suunnan määrittämiseksi tarvitaan apunode nimeltään H Point3. Sortuvan, hajoavan tai murtuvan kappaleen halutaan yleensä seisovan jollakin alustalla, kuten maan päällä tai fragmenttien halutaan osuvan pudotessaan jollekin pinnalle. Tämä pinta liitetään mukaan simulaatioon käyttämällä Shape Collision nodea.(Chen H. 2011)

4 MATERIAALIT JA TEKSTUROIINTI

Kaikissa tutkittavana olevissa plugineissa on mahdollisuus määritellä hajonneiden kappaleiden sisälle syntyvien pintojen materiaali. Tämä on kätevää erityisesti hajoitettaessa kappaleita joiden pintamateriaali on eri kuin kappaleen sisämateriaali. Tällainen kappale voisi olla esimerkiksi maalattu betoni, jonka pinta on maalattu punaiseksi, mutta kappaleen sisäosa on edelleen harmaata betonia.



Kuva 17. Kappaleen sisäosa teksturoitu eri materiaalilla kun kappaleen pinta.

Jotta materiaalitoimintoa voisi käyttää, tulee hajotettava kappale teksturoida multi/sub-object materiaalilla. Tämän tyyppinen materiaali voi sisältää useita eri materiaaleja ja tekstuureita, joiden käyttöä kontrolloidaan kappaleen id arvoilla. Tämän takia hajoitettavan esineen sisäpintojen materiaali määritellään kaikissa plugineissa materiaalin id-arvon avulla. Kuvassa 17 pallon pinta on sinistä kiiltämätöntä materiaalia, kun taas kappaleen sisälle syntyneet uudet pinnat ovat keltaista materiaalia.

Ehjän kappaleen kaikille alkuperäisille pinnoille annetaan id-arvoksi esimerkiksi yksi, jolloin kappale on pinnastaan eheä. Jokainen plugin on nimennyt sisäpintojen uudelleen teksturoinnin eri tavalla, mutta kaikissa toimintalogiikka on samanlainen. Yksinkertaisuudessaan materiaali kohtaan annetaan uusille pinnoille halutun materiaalin id. Kuvan tapauksessa sininen materiaali on multi/sub-object materiaalin kanavassa yksi ja oranssi kanavassa kaksi. Tämän takia uusien, pallon sisälle muodostuneiden pintojen materiaali id-arvoksi on annettu kaksi.

5 CASE

5.1 Lähtökohdat

Innoittajana opinnäytetyön case-osuudelle toimi vuonna 2009 julkaistun elokuvan 2012 visuaaliset efektit ja erityisesti siinä paljon käytetyt suuren kokoluokan tuhoutumisanimaatiot.

Varsinainen käytännön osuus koostuu maanjäristyksen aiheuttamasta, kymmenen rakennusta käsittävän asuinalueen tuhoutumisesta. Lopullinen video on noin kahdeksan sekuntia pitkä animaatio, jonka aikana maan halkeilu, vajoaminen ja liikkuminen sorruttaa koko asuinalueen. Animaatiossa käytettiin sekä itse mallinnettuja että Internetistä ladattuja ilmaisia talo-, auto- ja kasvimalleja. Käytännön osuudessa käytetään kaikkia tässä opinnäytetyössä aiemmin käsiteltyjä plugineja.

Animaatio sijoittuu Los Angelesin esikaupunkiin, aivan kuin esikuvassaankin. Animaatiossa auto pakenee tietä pitkin dominoefektin tavoin sortuvaa maata. Sortuminen aiheuttaa tuhoa auton takana olevalle miljöölle, mutta ei koskaan tavoita animaation pääroolissa olevaa autoa.

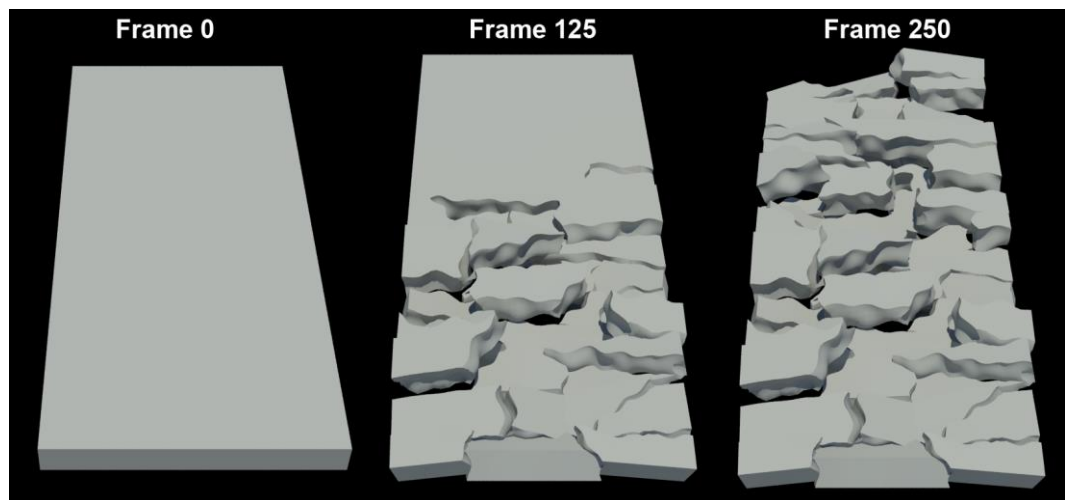
5.2 Suunnittelu

Suunnittelulla oli suuri merkitys käytännön osuuden onnistumisen kannalta. Projektin edetessä suunnittelun merkitys korostui, koska pienetkin huomioimatta jääneet asiat aiheuttivat lisätöitä. Animaation suunnittelu alkoi tutkimalla ja analysoimalla esikuvana toiminutta animaatiota. Elokuvan erikoistehosteista on tehty niin sanottu VFX Breakdown (saatavilla: http://www.youtube.com/watch?v=YsEnBomu_18), eli visuaalisten tehosteiden erittelyvideo, jossa eri työvaiheet on purettu osiin. Tältä videolta selviää animaatiossa käytettyjen menetelmien ja pluginien lisäksi myös paljon muuta oman animaation kannalta hyödyllistä tietoa.

Analysoinnin jälkeen oli aika siirtyä oman projektin suunnitteluun. Tärkeimpänä yksittäisenä tekijänä tuli muistaa mallintaa simulaatiossa käytettävistä

rakennuksista, ajoneuvoista, kasveista ja muista objekteista tarpeeksi yksinkertaisia ja monikulmiomäärältään vähäisiä. Erittäin tarkasti mallinnettujen objektien käyttö ei ollut mahdollista, koska fragmentaation jälkeen niiden monikulmioiden määrä olisi kasvanut todella suureksi.

Miljöön suunnittelu käynnistyi piirtämällä mallinnettava alue ylhäältäpäin. Alueen realistisen koon määrittäminen vaati oikeiden rakennuksien ja pihojen mittojen mittaamista ja arvioimista. Loppujen lopuksi asuinalueen tuhoutuva osa on 120 metriä pitkä ja noin 50 metriä leveä. Talojen piha-alueet ovat pieniä, koska suuret pihat näyttivät tyhjiltä ja liian avarilta. Alueella on yhteensä kymmenen rakennusta, joista yhdeksän on omakotitaloja ja yksi huoltoasema. Realistisen maiseman luomiseksi tutustuin yhdysvaltalaisen ja erityisesti Los Angelesilaiseen esikaupunki-alueen taloarkkitehtuuriin.



Kuva 18. Asuinalueen alta sortuvan maan liikkeiden eteneminen ruudun nolla ja 250 välillä.

Tärkeä osa suunnittelua oli myös omakotitaloalueen tuhoutumisen aiheuttavien maankuoren liikkeiden suunnittelu. Kuvassa 18 maaperä, jonka päälle koko alue rakennuksineen rakentuu, hajoaa 46 osaan kahdeksan sekunnin eli 250 ruudun animaation aikana. Kaikki kappaleet joko vajoavat, nousevat tai liikkuvat animaation aikana, aiheuttamalla samalla asuinalueen tuhoutumisen. Maan liikkeet on animoitu täysin manuaalisesti, eikä liikkeisiin vaikuta ulkoisia voimia.

Maan realistisen liikkumisen suunnittelu oli haastavaa, koska vastaavanlaisesta luonnonilmiöstä ei ole dokumentoitua kuva tai videokuvamateriaalia.

Samanaikaisesti maan realistinen liikkuminen on perusta koko animaatiolle, koska

hajoavien kappaleiden saumakohtat ja laattojen liikkuminen määrittelee jokaisen talon sortumisen.

5.3 Mallintaminen

Huolellisen suunnittelun jälkeen oli aika siirtyä rakennuksien mallintamiseen. Koska opinnäytetyö käsittelee fragmentaatiota, ei mallintamiseen kannattanut käyttää liikaa aikaa. Mallinsin itse yhden talon alusta loppuun. Tämä talo on mallinnettu vastaamaan rakenteeltaan oikeata taloja. Talossa on puinen kehikkorakenne, jonka varaan kaikki muu rakentuu. Kuvassa 19 näkyy kuinka talon rakenteet kulkevat talon ulkoseinien lisäksi myös talon keskellä sisäseinien sisällä. Kattoa kannattelee oikean talon tavoin kattotuolit.



Kuva 19. Talon rakenne

Talon puiset ulkoseinät ovat noin kymmenen ja sisäseinät noin kolme senttimetriä paksuja. Seinien välissä ei ole oikeissa taloissa käytettäviä lämmöneristysvilloja, koska ne eivät hajoa kappaleiksi ja näin ollen eivät myöskään muuttaisi simulaation kulkua.

Mallintamassani talossa on ennen fragmentaatiota noin 10 000 monikulmiota, eli polyonia. Suurin osa kappaleista, kuten esimerkiksi rakennekalkit, lattia ja välikatto, on neliönmuotoisia. Katto on puolestaan hieman liian tarkasti mallinnettu. Kokonaisuutena talo oli erittäin sopiva ensimmäisiin sortumissimulaatioihin.

Yhden talon lisäksi mallinsin itse joitakin nopeasti mallinnettavia objekteja, kuten tiet, jalkakäytävät, nurmialueet, katukivetykset ja talojen väliset aidat.

Huoltoaseman ja kolme autoa olin mallintanut jo ennen opinnäytetyön aloittamista, joten päätin käyttää niitäkin lopullisessa animaatioissa. Loput talot ja autot sekä kaikki kasvit ja puut on ladattu Internetistä ilmaiseksi.

5.4 Teksturointi

Objektien mallinnuksen jälkeen on teksturoinnin aika. Kappaleita teksturoitaessa tulee ottaa huomioon loppuvaiheessa käytettävä renderi eli kuvan muodostamiseen käytettävä ohjelmisto. Eri rendereiden tekstuurit eivät suoraan tue toisiaan, joten renderin valitseminen tulee suorittaa jo alkuvaiheessa. Olin käyttänyt eniten 3ds Maxin omaa Mental Ray-renderiä, joten sen käyttäminen tuntui luontevimmalta. Kaikki kappaleet on teksturoitu useimmissa rendereissä toimivalla Standard -materiaalilla tai Mental Rayn Arch & Design -materiaaleilla.



Kuva 20. Asuinalue mallinnettuna ja teksturoituna.

Kappaleissa, joiden sisäosan materiaali poikkeaa ulkopinnan materiaalista, käytin multi/sub-object materiaalia. Tämän tyyppisellä materiaalilla teksturoiminen edesauttaa kappaleen sisäosien teksturointia fragmentointivaiheessa. Kuvan 20 objekteissa on käytetty joko muti/sub-object-, Standard- tai Mental Rayn Arch & Design –materiaalia.

Teksturoinnissa käytetyt bittikartat ovat kooltaan melko pieniä, koska valittu kamerakulma on korkealla talojen ja objektien yläpuolella. Kaukaa kuvatussa animaatioissa kappaleet eivät päädy lähelle kameraa, jolloin bittikarttojen pieni koko ja epätarkkuus saattaisi paljastua. Talojen seinien teksturoinnissa käytettiin paljon itseään toistavia bittikarttoja, eli sellaisia kuvia jotka yhdistyvät toiseen samanlaiseen kuvaan saumattomasti.

Fragmentaation kannalta tärkeintä teksturoinnissa oli se kuinka bittikartat ja muut tekstuurit asetellaan eli wrapataan kappaleen ympärille. 3ds Maxin UVW-Mapping –määrittelijä osoittautui hyväksi wrappaus menetelmäksi, koska alkuperäiselle kappaleelle annettu UVW-Mapping periytyy myös fragmenteille. Tämän vuoksi kappaleen sisälle syntyvissä uusissa pinnoissa tekstuuri on samassa kokosuhteessa vanhoihin pintoihin nähden.

Toinen vaihtoehto wrappaukseen olisi ollut Unwrap UVW –määrittelijä. Unwrap toimii hieman UVW-Mapping -määrittelijää monipuolisemmin, mutta sen käyttö aiheuttaa ongelmia fragmentaatiovaiheessa. Tämä johtuu siitä, että Unwrap ei ymmärrä mihin kohtaan annettua bittikarttaa fragmentaation myötä syntyneet uudet pinnat tulee sijoittaa.

5.5 Fragmentointi

5.5.1 Realistinen fragmentaatio

Osa tutkittavana olleista fragmentaatioplugineista tarjoaa ominaisuuksia, joiden avulla fragmentaatio on helpompi toteuttaa tietystä materiaaleista valmistetuille kappaleille. Valmiissa fragmentaatiokaavoissakin on paljon säädeltäviä arvoja, joilla fragmentaation suorittamiseen voidaan vaikuttamaan. Realistisen fragmentaation saavutamiseksi pyrin tutkimaan mahdollisimman huolellisesti eri materiaaleista, kuten betonista, lasista ja puusta valmistettujen oikeiden kappaleiden sortumista, hajoamista ja pirstaloitumista.

Taustatietona käytin Internetistä löytyneitä videoita ja kuvia. Erityisesti oikeiden kerrostalojen räjäytysvideot antavat hyvän kuvan kovien materiaalien käyttäytymisestä suuressa mittakaavassa. Lasin hajoamisesta on puolestaan saatavilla lukuisia hidastusvideoita, joista paljastuu lasin käyttäytyminen sen kohdastessa

5.5.2 Betonirakenteet

Käytännön osuuden animaatio sisältää paljon betonista tai sitä vastaavista materiaaleista tehtyjä rakenteita, kuten talon seiniä, jalkakäytäviä ja teitä.

Betonisten kappaleiden fragmentointiin on tehokkainta käyttää RayFire-pluginia, koska betoni hajoaa hyvin erikokoisiin kappaleisiin tuottaen samalla paljon pientä murua. Tämä onnistuu myös esimerkiksi Fracture Voronoissa, mutta on huomattavasti työläämpää, koska kerran hajotetut kappaleet pitää fragmentoida uudelleen fragmentti kerrallaan.

RayFiren Voronoi-Irregular -tyyppinen fragmentaatio tuottaa betonin hajoamista vastaavan lopputuloksen. Todella erikokoiset kappaleet tekevät fragmentaatiosta uskottavan. Joissakin tapauksissa Voronoi-Uniform -fragmentaatiomalli on käytännöllisempi kuin Irregular. Uniform-malli tekee fragmenteista kooltaan huomattavasti samankokoisempia. Tämän kaltaisia tilanteita olivat kappaleet, jotka eivät hajonneet vaan pikemminkin murtuivat. Esimerkiksi talojen perustukset eivät joutuneet suoran törmäyksen tai osuman kohteeksi, vaan ne murtuivat maaperän liikkeiden voimasta. Tapauksissa joissa betoninen kappale murtuu useista kohdista, on vaikea määrittellä mihin yksittäiseen kohtaan voima aiheuttaisi suurimman määrän fragmentteja.

Toisinaan betonista tai kivistä tehtyjen kappaleiden fragmentointia ei kannata aloittaa RayFirellä, vaan esifragmentoida kappale jollakin muulla pluginilla. Erityisesti maaperän saumakohtien päältä murtuvien talojen perustukset on hyvä jakaa osiin esimerkiksi Advanced Fragmenterin tasofragmentoinnilla. Esifragmentointi on hyvä suorittaa sen takia, että valmiita fragmentaatiomalleja käyttämällä on vaikea saada esimerkiksi maaperän ja talon perustan fragmentaation päälinjoja kulkemaan samassa kohdassa.

RayFire ei kuitenkaan ole ainoa mahdollinen betonisten esineiden fragmentaatioplugin. Mikäli maksullista RayFirea ei ole saatavilla, voidaan betonisen kappaleen murtumiseen käyttää RayFiren Voronoi-Uniform -mallin sijaan vaikka Fracture Voronoi -pluginia, jos tiedetään ettei lopputulosta tarkastella liian läheltä. Tapauksissa, joissa betoniseen kappaleeseen osuu toinen kappale ja tarkka osumakohta on mahdollista määrittää, voidaan käyttää VoroFrag -pluginin partikkeleiden mukaan fragmentointia.

5.5.3 Lasi

Lasin hajoamisen voi toteuttaa yhtä uskottavasti kaikilla plugineilla, mikäli lasia ei lävistä pieni esine kovalla vauhdilla. Pienen esineen lävistäessä lasin syntyy osumakohdan ympärille paljon pieniä sirpaleita, joita VoroFragin partikkelisuihkuun perustuva fragmentaatio jäljittelee parhaiten. Tässä animaatioissa lasisiin materiaaleihin ei kohdistu teräviä iskuja, joten ylivoimaisen hyvää menetelmää tämän suorittamiseen ei noussut esille.

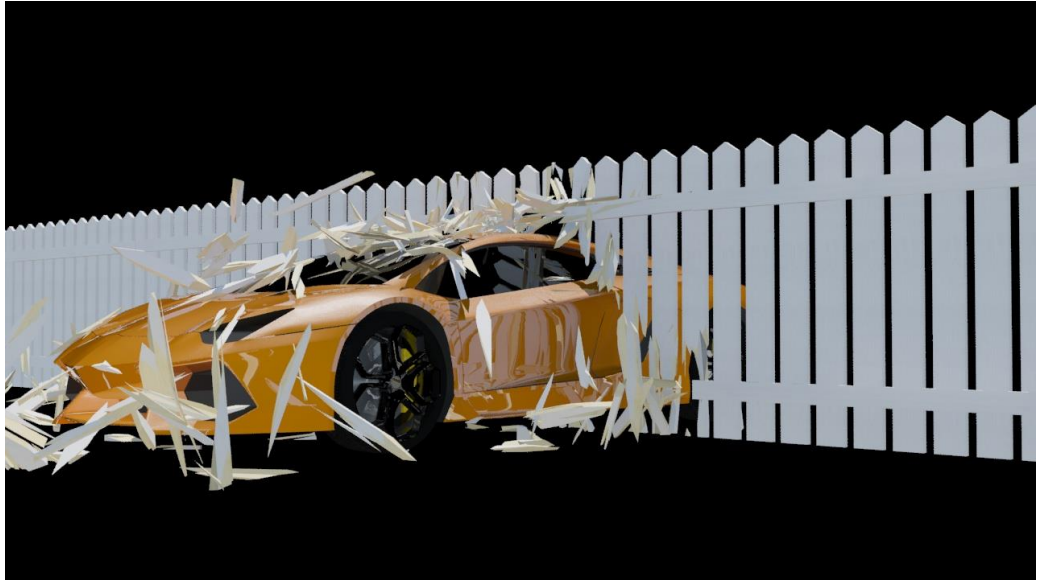


Kuva 21. Tippuvan lasipallon särkyminen.

Lasisten kappaleiden hajoamisesta syntyviä pieniä sirpaleita voi tehostaa fragmentaation lisäksi 3ds Maxin partikkeleilla. Kuvan 21 simulaatioissa on käytetty partikkeleita yhdessä fragmentaation kanssa, joka luo kokonaisuudesta realistisemmän. Käytännön osuuden animaation objekteista ainoastaan talojen ikkunat ovat lasia.

5.5.4 Puurakenteet

Pirstaloituva ja katkeava puu eroaa suuresti muista materiaaleista tehtyjen kappaleiden hajoamisesta. Puisten kappaleiden, kuten lautaseinien, talojen kehikkorakenteiden ja aitojen fragmentointiin on ehdottomasti kätevintä käyttää Rayfiren valmiita ProBoolean Wood Splinters- tai Voronoi Wood Splinters -fragmentaatiotyyppejä. RayFiren puun hajoitustyyppit ovat aivan ylivoimaisia muiden pluginien tarjoamiin ominaisuuksiin. Mikään muu vertailussa olleista plugineista ei pystynyt tuottamaan RayFiren tavoin piikikkaita, pitkiä ja kapeita puun säikeitä.



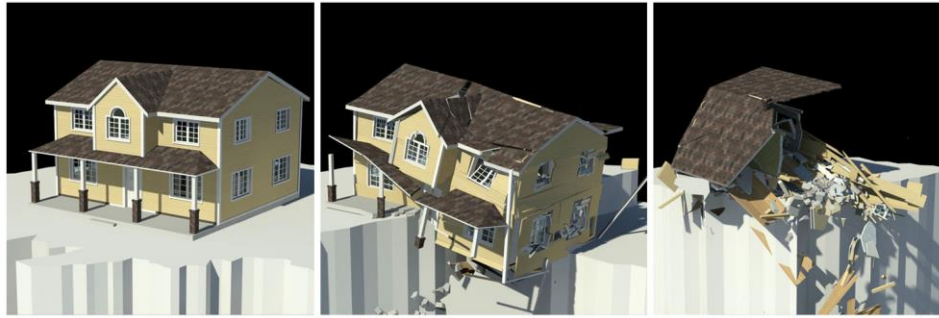
Kuva 22. Simulaatio puun pirstaloitumisesta auton ajaessa puuaidan läpi.

Kuvassa 22 on ruudunkaappaus simulaatiosta, jossa kokeilin puisen aidan pirstaloitumista auton ajaessa sen läpi. Aita on etukäteen fragmentoitu säikeisiin, eikä tässä simulaatiossa ole käytetty interaktiivista tuhoutumista.

Valmiita puisille kappaleille tarkoitettuja fragmentaatiomalleja käytettäessä tulee puntaroida kunka pieniksi säikeiksi kappale kannattaa hajottaa, jotta se luo realistisen näköisen pirstaloitumisen. Tämän tyyppiset mallit ovat kaikista hitaimpia paitsi fragmentoida myös simuloida. Usein pienikin määrä teräviä fragmentteja luo illuusion hajoavasta puusta, varsinkin jos kamera on tämän projektin tavoin kaukana ylhäällä.

5.6 Simulointi

Kaikki käytännön osuuden animaatioissa käytetyistä objekteista on simuloitu käyttämällä thinkingParticles-pluginia tai PhysX fysiikkamoottoria RayFiren yhteydessä. thinkingParticlesin käyttö tulee tarpeelliseksi, kun hajotettava kappale on mallinnettu ja teksturoitu valmiiksi. Teksturointi voidaan suorittaa fragmentoinnin ja simuloinnin jälkeenkin, mutta on huomattavasti helpompaa suorittaa ennen niitä. Kaikki hajoavat ja sortuvat kappaleet on fragmentoitu kappale kerrallaan.



Kuva 23. Simulaatio omakotitalon sortumisesta maaperän vajotessa sen alta.

Ensimmäiset sortumisanimaatio kokeilut suoritettiin itse mallintamalleni talolle, koska se vastaa rakenteeltaan oikeaa taloa. Kuvassa x talon alla oleva harmaa maaperä vajoaa talon alta ja vie mukanaan talon toisen puolen. Tämän sortumistestin onnistumiseen kului aikaa useita päiviä, koska siinä kiteytyy koko projekti pienoiskoossa. Seuraavat sortumiset kopioitiin idealtaan muihin rakennuksiin, vaikka itse työ täytyikin tehdä uudestaan joka kerta.

Sortumisen simulointi alkoi fragmenttiryhmien muodostamisella. Samasta aineesta, kuten puusta, betonista ja lasista olevat fragmentit muodostavat omat ryhmänsä, joille määriteltiin aineelle ominainen kitka ja elastisuus. Myös talon pohjarakenteet ovat oma ryhmänsä, eikä niitä liitetä muiden betonirakenteiden muodostamaan ryhmään. Tämä siksi, että pohjarakenteiden sortuminen käynnistää talon muiden osien sortumisen. Pohjarakenteiden vajoaminen taas johtuu maaperän liikkeistä.

Jotta pohjarakenteet saadaan sidottua kiinni maaperään, tulee kiinnityksessä käyttää hajoamatonta thinkingParticlesin omaa fyysistä tP Jointtia, eli yhteyttä. Etukäteen fragmentoidut pohjarakenteet sidotaan niiden alla olevaan maaperän kappaleeseen. Talon pohjarakenteet puolestaan kiinnitetään osaan talon seinistä. On tärkeitä ettei kaikki fragmentteja kiinnitetä toisiinsa, vaan vain sen verran että taloon jää pystyyn selvästi ehjiä kohtia, eikä koko talo murene vajoaman mukana. Kuvan 23 viimeisessä kohdassa näkyy kuinka lähes puolet talon katosta on vieläkin ehjänä paikallaan. Kattoa kannattelee kuvassa piilossa oleva takaseinä, joka puolestaan pysyy pystyssä rakenteiden ja pohjarakenteiden avulla.

Kappaleiden välisten yhteyksien ymmärtäminen oli ratkaiseva tekijä onnistuneeseen sortumisanimaatioon.

6 YHTEENVETO

Suurin, koko käytännön osuuden projektin läpi mukana kulkenut haaste, oli simulaation kaltaisen maanjärityksen ja vajoamisen aiheuttaman tapahtumasarjan tapahtumattomuus oikeassa luonnossa. On erittäin vaikeata ymmärtää luonnonvoimien toimintaa kokematta niitä tai näkemättä siitä esimerkiksi videokuvaa vastaavanlaisesta tilanteesta. Maaperän uskottava liikkuminen oli haastellista, varsinkin kun koko simulaation onnistuminen perustuu niiden realistisuuteen.

Toinen haaste oli käytössä olleen tietokoneen tehojen rajallisuus. Fragmentaatio ja fragmenttien simulointi vaatii koneelta paljon muistia ja prosessoritehoa. Näiden puuttumisen takia sortumisten ja fragmentaatioiden suorittamiseen kului valtavasti turhaa aikaa. Yleensä samankaltaisille kappaleille tehtävät fragmentaatiot oli kannattavaa tehdä ensin yhdelle kappaleista ja tyydyttävän lopputuloksen jälkeen suorittaa fragmentaatio kaikille kappaleille. Fragmenttien simuloinnissa thinkingParticlesilla oli myös omat haasteensa. thinkingParticlesin simulointi näytetään suoraan 3ds Maxin näyttöruudussa, mutta tietokoneen rajallisuuden vuoksi en voinut toistaa simulaatiota edes kevyimmissä simulaatioissa. Tämä ongelma ratkesi käyttämällä 3ds Maxin Make Preview –ominaisuutta. Make Preview nauhoittaa näyttöruutua tekemällä siitä samalla videon. Videon avulla pääsin tarkastelemaan simulaatiota reaaliaikaisena ja sen jälkeen tekemään siihen tarvittavia muutoksia.

Kaikille plugineille yhteinen ongelma oli pyöreitä pintoja sisältävät kappaleet. Suurimmat ongelmat tulivat Fracture Voronoita käytettäessä, jolloin esimerkiksi pallon muotoisen kappaleen pinnassa alkoi näkyä selviä saumoja fragmenttien välillä. RayFire onnistuu peittämään saumat pyöreissä kohdissa parhaiten, mutta ajoittain sekin jätti jälkiä kappaleen pintaan. Kappaleiden tarkkuutta lisäämällä pinnan rosoisuus väheni myös ilmaisia plugineita käytettäessä.

Opinnäytetyöni aiheesta ei ole saatavilla paljoa kirjoitettua materiaalia, joten aiheesta kirjoittaminen lähteisiin viitaten on ollut ajoittain vaikeaa. Myös opetusvideoiden vähäinen määrä on johtanut itseopiskeluun ja asioiden oppimiseen erehdyksen kautta. Ilmaiset pluginit ovat pääasiassa

yksityishenkilöiden koodaamia ohjelmia, joiden ominaisuuksien dokumentointi on ollut erittäin huonoa. RayFire sen sijaan ainoana kaupallisena pluginina tarjoaa käyttäjilleen laajan manuaalin, josta ohjelman ominaisuudet selviävät.

Kaiken kaikkiaan kappaleiden fragmentaatioon 3ds Max-ohjelmassa on tarjolla lukuisia muitakin kuin tässä opinnäytetyössä käytettyjä plugineita. Käsitellyt pluginit ovat kaikki fragmentaatiomenetelmiltään toisistaan poikkeavia ja tarjoavat uusia mahdollisuuksia ja monipuolisempia fragmentaatioita. Käsittelemättä jääneet pluginit ja menetelmät ovat joko maksullisia, liian epäkäytännöllisiä tai ne eivät tarjoa mitään uutta jo käsiteltyjen pluginien rinnalle.

Oikea fragmentaatioplugini tulee aina valita tilanteen, halutun tarkkuuden, visuaalisen näyttävyyden, ajankäytön ja käytännöllisyyden kannalta. Useissa tilanteissa erittäin yksinkertainen fragmentaatio riittää haluttuun lopputulokseen jolloin esimerkiksi Fracture Voronoin käyttäminen on perusteltua. Yksinkertaiset fragmentaatiopluginit ovat ilmaisia, todella helppokäyttöisiä ja ennen kaikkea nopeita.

Kun fragmentaatiolta vaaditaan tarkkuutta ja yksityiskohtaisuutta, on RayFire ehdottomasti paras vaihtoehto. Sen valmiit fragmentaatiomallit ja niiden muokkaamiskykyisyys mahdollistaa lähestulkoon minkälaisen fragmentaation tahansa. RayFiren vahvuus eli monipuolisuus on myös sen heikkous. Pluginin edistynyt käyttäminen vaatii opettelua ja harjoittelua huomattavasti yksinkertaisia plugineita enemmän.

Mikään käytetyistä plugineista ei mielestäni pystynyt tuottamaan täysin realistista fragmentaatiota. Oikeiden esineiden hajoamisessa syntyy paljon epäsäännöllisiä ja rosoisia pintoja, mutta 3d-ympäristössä niiden aikaan saaminen osoittautui hankalaksi. Tämä johtunee siitä, että tämänkaltaiset pinnat ovat huomattavasti suoria ja tasaisia pintoja raskaampia tehdä.

RayFire onnistui parhaiten myös luomaan esineen hajoamisessa syntyvää murua. Tosin tämäkin jäi vielä kovin kauas oikeiden murujen koosta.

Fragmentaatioplugineilla ei kannata edes yrittää luoda pienen pieniä fragmentteja, vaan ne kannattaa luoda esimerkiksi 3ds Maxin omia partikkeleita käyttämällä.

Partikkeleiden käyttö yhteistyössä fragmentaation kanssa on monissa tapauksissa

todella käytännöllistä ja niiden avulla on helppo lisätä fragmentaation uskottavuutta.

LÄHTEET

Aalto yliopisto. 2013. Kolmioverkko ja Voronoi-diagrammi. *[viitattu 01.03.2013]*
 Saatavissa: <http://geoinformatics.aalto.fi/doc/books/ympsut/fi-FI/html/ch02s05s06.html>

Bullet Physics Library 2012. Game Physics Simulation. *[viitattu 07.03.2013]*
 Saatavissa: <http://bulletphysics.org/wordpress/>

Cebas. 2013. Welcome to thinkingParticles. *[viitattu 15.03.2013]* Saatavissa:
http://www.cebas.com/index.php?pid=product&prd_id=166&feature=1359

Braun, E. 2010. *[viitattu 14.03.2013]* Saatavissa:
<http://www.youtube.com/playlist?list=PLE6DEBA8AEF68D179>

Chen, H. 2011. Building demolition: Volumebreaker and Thinkingparticles intergation tutorial. *[viitattu 10.03.2013]* Saatavissa:
http://www.youtube.com/watch?v=PcTk_V3vj7U

Vadim, M. 2012. RayFire 1.58.04 - Particle Flow support. *[viitattu 15.02.2013]*
 Saatavissa: <http://www.youtube.com/watch?v=m4wLmRBOeq0>

RayFire kotisivut. 2013. *[viitattu 10.02.2013]*. Saatavissa:
<http://rayfirestudios.com/>

RayFire manuaali. 2013. *[viitattu 13.02.2013]*. Saatavissa:
http://www.mirvadim.com/onlineHelp/01_Contents.html

Liu, S. 2013. Voronoi Based Shatter Effects. *[viitattu 04.02.2013]*. Saatavissa:
<https://sites.google.com/site/shusenliuspage/course-work/voronoi-based-shatter-effects>

ScriptSpot. 2009. Fracture Voronoi. *[viitattu 16.02.2013]*. Saatavissa:
<http://www.scriptspot.com/3ds-max/scripts/fracture-voronoi>

ScriptSpot. 2012. a. VoroFrag. *[viitattu 16.02.2013]*. Saatavissa:
<http://www.scriptspot.com/3ds-max/plugins/vorofrag>

ScriptSpot. 2012. b. VoroFrag manuaali. *[viitattu 17.02.2013]*. Saatavissa:
<http://www.scriptspot.com/3ds-max/plugins/vorofrag>

ScriptSpot JBond 2012. Advanced Fragmenter. *[viitattu 03.03.2013]*. Saatavissa:
<http://www.scriptspot.com/3ds-max/scripts/advanced-fragmenter>

ScriptSpot LittleLordPotala. 2012. VoroFrag : Quick Preview of the next Version
! *[viitattu 17.02.2013]*. Saatavissa: <http://www.youtube.com/watch?v=RChbSr-bcus>

Vimeo - maxbondarchuk. 2012. Thinking Particles Hfragmenter tutorial *[viitattu 18.03.2013]*. Saatavissa: <http://vimeo.com/28228428>

Wikipedia. 2013. Voronoi diagram. *[viitattu 01.03.2013]*.
Saatavissa:http://en.wikipedia.org/wiki/Voronoi_diagram

KUVALÄHTEET

Kuva 1. Oma ruudunkaappaus.

Kuva 2. Oma ruudunkaappaus.

Kuva 3. Oma ruudunkaappaus.

Kuva 4. Oma ruudunkaappaus.

Kuva 5. Oma ruudunkaappaus.

Kuva 6. RayFire Studios. Saatavissa:

http://www.mirvadim.com/onlineHelp/3_1_1_Bool.html

Kuva 7. RayFire Studios. Saatavissa:

http://www.mirvadim.com/onlineHelp/3_1_1_Bool.html

Kuva 8. RayFire Studios. Saatavissa:

http://www.mirvadim.com/onlineHelp/3_1_1_Bool.html

Kuva 9. RayFire Studios. Saatavissa:

http://www.mirvadim.com/onlineHelp/3_1_1_Bool.html

Kuva 10. Saatavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/Voronoi_diagram

Kuva 11. Saatavissa: http://www.mirvadim.com/onlineHelp/3_1_2_Vor.html

Kuva 12. Oma ruudunkaappaus.

Kuva 13. RayFire Studios. Saatavissa:

<http://rayfirestudios.com/feature/fragmentation>

Kuva 14. RayFire Studios. Saatavissa:

<http://rayfirestudios.com/feature/fragmentation>

Kuva 15. Oma ruudunkaappaus.

Kuva 16. Oma ruudunkaappaus.

Kuva 17. Oma ruudunkaappaus.

Kuva 18. Oma ruudunkaappaus.

Kuva 19. Oma ruudunkaappaus.

Kuva 20. Oma ruudunkaappaus.

Kuva 21. Oma ruudunkaappaus.

Kuva 22. Oma ruudunkaappaus.

Kuva 23. Oma ruudunkaappaus.