



Tiina Leskinen

3D-mallin käsinmaalattu sarjakuva- tyylinen teksturointi

Käsinmaalatun tekstuurin hyödyntäminen isometri-
sessä pelissä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Medianomi

3D-animaatio ja -visualisointi



Opinnäytetyö
28.04.2025

Tiivistelmä

Tekijä(t):	Tiina Leskinen
Otsikko:	3D-mallin käsinmaalattu sarjakuvatyylinen teksturointi
Sivumäärä:	61 sivua + 1 liite
Aika:	28.04.2025
Tutkinto:	Muotoilija AMK
Tutkinto-ohjelma:	Medianomi
Pääaine:	3D-animaatio ja -visualisointi
Ohjaaja(t):	Lehtori Jaro Lehtonen

Opinnäytetyön tavoitteena on tutustua Paradigm Island -pelin teksturointiprosessiin sekä selvittää, miten pelin sarjakuvamainen visuaalinen ilme on luotu. Luvussa 2 käsitellään teksturoinnin peruseriaatteita sekä niitä tekniikoita, joita Paradigm Island -pelin ympäristöjen teksturoinnissa hyödynnettiin. Luvussa 3 tarkastellaan pelin visuaalisen tyylin kehitystä, ja luvussa 4, joka toimii projektiosuutena, käydään vaihe vaiheelta läpi sarjakuvatyyllisen 3D-mallin teksturointiprosessi. Pohdintaosiossa reflektoidaan koko teksturointiprosessia ja todetaan, että käsinmaalattujen tekstuurien tekeminen on palkitsevaa, mutta samalla aikaa vievää.

Asiasanat: Käsinmaalatut tekstuurit, 3D-mallinnus, teksturointi

Abstract

Author(s): Tiina Leskinen
Title: Creating handpainted comic-style textures for 3D
Number of Pages: 61 pages + 1 appendice
Date: 28.04.2025

Degree: Batchelor of Culture and Arts
Degree Programme: Media
Major: 3D Animation and Visualization
Instructor(s): Jaro Lehtonen, Senior Lecturer

The objective of this thesis is to explore the texturing process of the Paradigm Island game and examine how its comic book-inspired visual style is created. Chapter 2 discusses the basic principles of texturing as well as the techniques used in the creation of Paradigm Island's game environments. Chapter 3 focuses on the development of the game's visual style, while Chapter 4, the project section, outlines the step-by-step process of texturing a 3D model in a comic-style aesthetic. The reflection section evaluates the overall texturing process and concludes that while hand-painting textures is a rewarding method, it is also time-consuming.

Keywords: handpainted textures, 3D-modeling, texturing

This thesis has been checked using Turnitin Originality Check service.

Sisällys

1. Johdanto	1
2. 3D-teksturointi	2
2.1 3D-tekstuuri	2
2.2 UV-kartat	4
2.2.1 Tekstuurien optimoiminen	9
2.3 Teksturointi Isometrisen pelin kontekstissa	13
2.3.1 UV-kartan luominen käsin ja automaattisesti	15
2.3.2 UV-karttojen kameraprojektointi	18
2.3.3 Atlasointi ja UDIM	21
2.3.4 Saumattomat tekstuurit	25
2.3.5 Decalit	27
3. Teksturoinnin tyylittely	28
4. Projektiosuus	34
4.1 Teksturointi ohjelman valinta	34
4.2 Teksturoinnin siveltimet	35
4.3 Konseptikuvat	38
4.4 Mallinnus ja UV-kartoitus	40
4.5 Teksturointi	45
4.5.1 Pohjaväri	46
4.5.2 Ääriviivat	48
4.5.3 Rasterikuvio	52
4.5.4 Viimeistely	54
5. Yhteenveto ja pohdinta	56
6. Lähteet	57
7. Liitteet	62

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on esitellä erilaisia tapoja teksturoida isometrisen pelin ympäristöjä käsinmaalatulla sarjakuvatyyllillä. Opinnäytetyössä käydään läpi Paradigm Island -pelin visuaalisen ilmeen luomisprosessin eri vaiheita ja tarkastellaan erilaisia menetelmiä, joita voidaan hyödyntää pelin ympäristöjen teksturoimiseen.

Aiheen valintaan vaikutti henkilökohtainen kiinnostukseni käsinmaalattuja tekstuureja kohtaan sekä kokemukseni ympäristöartistina Paradigm Island -pelissä, jossa luotiin sarjakuvamainen ilme teksturoinnin avulla.

Opinnäytetyön toisessa luvussa käsitellään 3D-teksturoinnin perusteita. Luvussa esitellään teksturointiin liittyviä käsitteitä, kuten tekstuurit, UV-kartat ja PBR-materiaalit, sekä käydään läpi eri tapoja hyödyntää UV-karttoja ja tekstuureita isometrisen pelin teksturoimisessa. Kolmannessa luvussa keskitytään teksturoinnin tyylin kehittämisprosessiin. Luvussa käydään läpi visuaalisen ilmeen inspiraation lähteitä sekä pohditaan, millä tavoin tekstuurien avulla voidaan parantaa pelaajan pelikokemusta.

Projektiosuudessa esitellään yksityiskohtaisesti teksturointiprosessin vaiheet, joita käytettiin Paradigm Island -pelin ympäristöjen teksturoinnissa. Pohdintaosuudessa tarkastellaan vaihtoehtoisia teksturointimenetelmiä ja arvioidaan, millä muilla lähestymistavoilla pelin visuaalista ilmettä olisi voinut kehittää.

2 3D –teksturointi

2.1 3D-tekstuuri

3D-mallintamisen kontekstissa tekstuurilla tarkoitetaan väriä, kuviota tai kuvaa, joka luodaan 3D-mallia varten ja asetetaan sen pinnalle antaen sille ominaisuuksien kuten esimerkiksi värin tai kiiltävyyden (Jones-Read 2023). Tekstuurikarttoja on useita eri tyyppisiä joista kukin määrittelee yhden pinnan ominaisuuden ja yhdessä tekstuurit muodostavat kokonaisuuden, jota sanotaan materiaaliksi. Materiaali voi olla pelkkä väri tai kuvio tai jäljitellä esimerkiksi kiveä, ihoa tai kangasta (Adobe 2025a).

PBR (physically based rendering) eli fysiikkaperusteinen renderöinti on varjostus- ja näköistämismenetelmä, jolla luodaan todenmukaisuutta jäljittelevä kuva valon vuorovaikutuksesta materiaalin pinnan kanssa virtuaalisessa ympäristössä (Adobe 2025b). PBR-tekstuurikarttoja on kymmenen erilaista, mutta niiden tarvittava määrä riippuu siitä mitä kaikkia ominaisuuksia pinnalle halutaan (Denham 2025). Tyypillisesti PBR tekstureissa käytetään seuraavia tekstuurikarttoja:

- Albedo: Materiaalin pohjaväri, ei sisällä varjoja tai heijastuksia
- Normal: Simuloi pinnan epätasaisuuksia ilman lisägeometriaa
- Roughness: Määrittää pinnan karheuden eli kuinka paljon se hajuttaa valoa
- Metalness: Määrittää, kuinka metalli tai ei-metalli materiaali on (metalliset alueet heijastavat valoa eri tavalla kuin ei-metalliset)
- Ambient Occlusion: Simuloi varjojen ja valon vuorovaikutusta läheisillä pinnoilla parantaen syvyyden tunnetta.

Realistisen ilmeen luomiseksi tarvitaan usein suuri määrä erilaisia tekstuurikarttoja, jotta 3D-objektin pinnalle saadaan mahdollisimman monipuolisia ominaisuuksia. Sen sijaan, jos tavoitteena on luoda yksinkertainen ja tyylielty visuaalinen ilme, riittää usein pienempi määrä tekstuurikarttoja.

Paradigm Island -pelissä käytetään ainoastaan albedo-värikarttaa. Lisäksi Unity-pelimoottorissa kaikille pelin 3D-malleille on määritetty yhtenäinen roughness-arvo. Tämän avulla saadaan aikaan mattapintainen, sarjakuvamainen ja tyylielty ulkoasu 3D-objekteille.



Kuva 1. Esimerkkejä eri tekstuurikarttojen ominaisuuksista. On huomioitava, että kuvan Refraction- ja Bump-tekstuurikartat eivät ole PBR-tekstuurikarttoja. (Tiigimägi, 2025)

Teksturoinnilla taas viitataan prosessiin, jolla tekstuuri luodaan ja liitetään 3D-malliin. Tällä voidaan tarkoittaa tekstuurin luomista proseduraalisesti teksturointia varten tarkoitettussa ohjelmassa, valokuvan skannaamista tekstuuriksi tai tekstuurikartan käsinmaalaamista. (Adobe 2025a) Tässä opinnäytetyössä keskitytään tekstuurien luomiseen käsinmaalaamalla.

2.2 UV-kartat

UV-kartoitus on keskeinen osa 3D-mallinnusprosessia, jossa 3D-mallin pinta jaetaan alueisiin ja sijoitetaan kaksiulotteisessa muodossa UV-kartalle teksturointia varten. Prosessia voi havainnollistaa vertaamalla sitä karkkikääreeseen, joka avataan ja suoristetaan tasaiselle pinnalle – samalla tavoin 3D-mallin pinta "avataan" ja esitetään litteänä 2D-tilassa (kuva 2). Monimutkaiset 3D-mallit jaetaan useisiin eri alueisiin ja yhtä aluetta kutsutaan UV-saareksi ja saarekkeita rajaavaa reunaa kutsutaan UV-saumaksi. 3D-mallien UV-kartat luodaan ja muokataan 3D-mallinnusohjelmien UV-muokkaustilassa, jossa UV saumoja voidaan luoda ja poistaa, sekä UV-saarekkeita voidaan asettaa kaksiulotteiselle UV-kartalle. (Autodesk 2025)



Kuva 2. 3D-malli ja UV-kartta. UV-kartoituksen jälkeen 3D-mallin pintaan voidaan liittää 2D-tekstuurikuvia, jotka määrittävät, miltä 3D-mallin pinta lopulta näyttää (Sanden 2025).

UV-kartta toimii tekstuuritilassa, ja sen sijaintitiedot ovat osa 3D-objektin verteksitietoja. Kirjaimet U ja V viittaavat kaksiulotteisen tekstuuritilan horisontaaliseen ja vertikaaliseen akseliin, joiden avulla määritetään, miten tekstuurikartta asettuu 3D-mallin pinnalle. Tekstuurikartassa oleva alue, joka jää UV-saarien ulkopuolelle ei näy lopullisessa 3D-mallissa (Autodesk 2025).

3D-mallin UV-kartoitukseen eli unwrappaamiseen on olemassa useita eri menetelmiä, ja sopivin vaihtoehto riippuu siitä, miten ja mihin 3D-mallia käytetään. UV-kartoitus voidaan toteuttaa esimerkiksi automaattisesti 3D-mallinnusohjelmiston toimesta, määrittelemällä avattavat alueet (ns. saumat) käsin valitsemalla ne 3D-mallista tai käyttämällä mallinnusohjelman kameraan perustuvaa lähestymistapaa, jossa UV-kartta luodaan kameran näkökulmasta projektoidulla niin, että tekstuurit ikään kuin heijastetaan 3D-mallin päälle. Muitakin tapoja UV-kartoitukseen on olemassa, mutta niitä ei käydä läpi opinnäytetyön rajauksen vuoksi.

Opinnäytetyössä ei myöskään käydä läpi UV-kartoituksen vaiheita yksitellen rajauksen takia, mutta kerrotaan eri tekniikoiden hyödyntämisestä pelin ympäristöjen tekemisessä ja siitä kuinka valita sopiva UV-kartoitustekniikka kullekin 3D-mallille. Opinnäytetyössä ei myöskään puhuta minkään tietyn teksturointiohjelman käytöstä, vaan pyritään käsittelemään asioita yleisellä tasolla niin, että ne olisivat sovellettavissa mahdollisimman monessa tilanteessa. Useat yleiset hyvät käytännöt pätevät riippumatta siitä, mitä UV-avaustekniikkaa tai teksturointi ohjelmia käytetään.

Automaattinen UV-avaus on nopea tapa luoda ja asetella saarekkeet UV-kartalle, mutta se tuottaa usein hyvin pieniä ja irrallisia paloja. Tällaiset fragmentit on hyvä yhdistää suuremmiksi kokonaisuuksiksi tai ryhmitellä kartalle selkeiksi alueiksi. Hajanaiset ja pienikokoiset palat voivat aiheuttaa ongelmia myöhemässä teksturoinnissa, sillä niiden alkuperäinen sijainti 3D-mallin pinnalla voi olla vaikeasti tunnistettavissa. Automaattisesti avattuja UV-karttoja pystyy kuitenkin korjata käsin, vaikka ne ovat usein muuten ajankäytöllisesti järkevä valinta.

UV-kartta kannattaa pitää mahdollisimman yhtenäisenä ja yksinkertaisena, jotta sitä on helpompi hahmottaa ja käsitellä teksturoinnin aikana. Saarekkeiden saumat kannattaa sijoittaa niin, että ne ovat mahdollisimman huomaamattomissa paikoissa, koska UV-saarten reuna-alueilla voi esiintyä vääristymiä ja artefakteja. Saarekkeet voi myös järjestää UV-kartalle loogisesti niin, että saman

mallin osat sijaitsevat lähekkäin erityisesti silloin, kun useat 3D-mallit jakavat saman tekstuurikartan eli kun käytössä on atlasointi. Kaikki UV-kartan tila kannattaa hyödyntää asettelemalla saarekkeet niin, että saarekkeet peittävät mahdollisimman suuren osan tekstuurikartasta ja ovat mahdollisimman tiiviisti pakattuina ilman että ne menevät päällekkäin (Sanden 2025).

UV-saarekkeiden kokoamista päällekkäin voi myös hyödyntää tilan säästämiseksi mikäli 3D-mallin osat ovat identtiset, mutta jos ne eivät ole, päällekkäiset UV-kartat tekevät onnistuneen teksturoinnin mahdottomaksi. Maalattaessa tekstuuria päällekkäiset kohdat johtavat siihen, että värit tai yksityiskohdat "vuotavat" usealle UV-alueelle eli tekstuuri näkyy väärissä kohdissa 3D-mallia. Samankaltaisia ongelmia voi esiintyä myös silloin, kun UV-saaret on sijoitettu liian lähelle toisiaan ja tekstuurikartan resoluutio on liian pieni. Tällöin vierekkäiset UV-alueet voivat sekoittua keskenään, mikä heikentää lopputuloksen tarkkuutta ja visuaalista laatua (Kuva 6). Tämän takia UV-saarekkeiden väliin on jätettävä hieman tilaa, sillä se ehkäisee tekstuurien vuotamista päällekkäin (HogoNext 2024)

UV-saarekkeiden reunat voivat myös aiheuttaa näkyviä virheitä pelimoottorissa, mikäli tekstuurikartan taustaväri poikkeaa voimakkaasti itse tekstuurin väreistä. Jos esimerkiksi tekstuurikartan taustaväri on valkoinen, se saattaa "vuotaa" saarekkeiden ulkopuolelta 3D-mallin pinnalle, mikä näkyy tässä tapauksessa ohuina valkoisina viivoina UV-saumojen kohdalla. Tällaiset artefaktit heikentävät visuaalista lopputulosta ja voivat olla erityisen häiritseviä lähellä katsojaa.



Kuva 3. Kuvankaappaus pelimoottorista ja tekstuurikartasta, jonka UV-saarien reunoilla näkyy valkoisia artefakteja Unity-pelimoottorissa, sillä tekstuurikartan tausta UV-saarien ulkopuolella on valkoinen ja se vuotaa UV-kartan puolelle. (Leskinen 2025)

Ongelma voidaan ratkaista jatkamalla saarekkeiden ja tekstuurin väriä UV-saarekkeiden rajojen ulkopuolelle tai käyttämällä taustaväriä sävyä, joka sulautuu paremmin tekstuurin yleisilmeeseen. Joissakin teksturointiohjelmissä tämä toimenpide tehdään automaattisesti, mutta ei kaikissa.



Kuva 4. Sama tekstuurikartta Unity-pelimoottorissa kun UV-saarien ulkopuolinen alue on täytetty värillä, joka sulautuu UV-saarien väriin. Artefaktit eivät ole enää niin näkyviä. (Leskinen 2025)

Tästäkin syystä UV-saumot kannattaa sijoittaa mahdollisimman huomaamattomiin kohtiin, kuten varjosiin alueisiin tai mallin takaosiin, jotta mahdolliset artefaktit eivät korostuisi lopullisessa renderöinnissä.

2.2.1 Tekstuurien optimoiminen

Tekstuurikarttojen optimointi on tärkeä osa pelikehitystä, jotta pelin suorituskykyä ei kuormiteta liikaa visuaalisen laadun takia. Tekijät, kuten UV-kartoituksen tehokkuus, tekstuurikarttojen määrä sekä käytetty resoluutio vaikuttavat suoraan siihen, kuinka raskaita tekstuurit ovat pelimoottorille. Opinnäytetyön rajauksen takia pelimoottorissa tehtävää optimointia ei käsitellä, mutta käydään läpi asioita, joita voi tehdä teksturointivaiheessa tekstuurikartan optimoimiseksi.

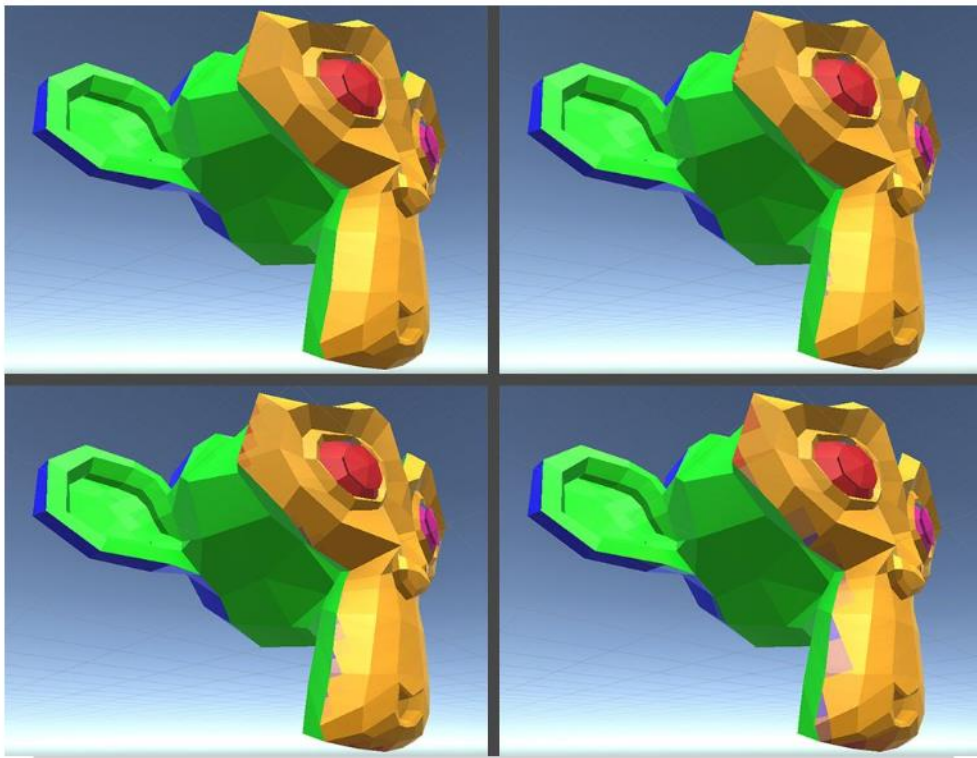
Suurikokoiset tekstuuritiedostot voivat kuormittaa muistia merkittävästi ja heikentää pelin suorituskykyä, erityisesti vanhemmilla laitteilla ja mobiilialustoilla. Tekstuuritiedostot vievät enemmän muistia kuin low poly eli 3D-mallit joiden polygonimäärä on suhteellisen pieni. Esimerkiksi yksi 1024x1024 pikselin kokoinen tekstuuri voi viedä yhtä paljon tilaa muistista kuin 3D-malli, jossa on 65 000 polygonia. (Eagle 2021)

Tavoitteena on löytää tasapaino visuaalisen tarkkuuden ja teknisen suorituskyvyn välillä. Tekstuurikarttojen kokoa on mahdollista pienentää eli kompressoida pelimoottorissa jälkikäteen (Kuva 5.), tämä voi kuitenkin aiheuttaa silmiinpistäviä artefakteja UV-saarekkeiden reunoilla (Kuva 6.), joten tekstuurit kannattaa alunperinkin tehdä mahdollisimman lähelle sitä kokoa, missä ne tulevat olemaan pelissä.



Kuva 5. Esimerkkikuva kompressoitusta tekstuurista. (Tegazoid 2025)

Käsinmaalattujen tekstuurien kohdalla voi kuitenkin olla hyödyllistä aloittaa hieman suuremmalla resoluutiolla kuin lopullisessa versiossa tarvitaan. Tämä johtuu siitä, että resoluutiota voidaan tarvittaessa laskea hieman jälkikäteen. Sen sijaan valmiin käsinmaalatun tekstuurin resoluution kasvattaminen jälkikäteen on huomattavasti haastavampaa erityisesti käsinmaalatuissa tekstuureissa, ellei käytössä ole tekoälypohjaisia skaalaustyökaluja tai mahdollisuutta maalata tekstuuria uudelleen.

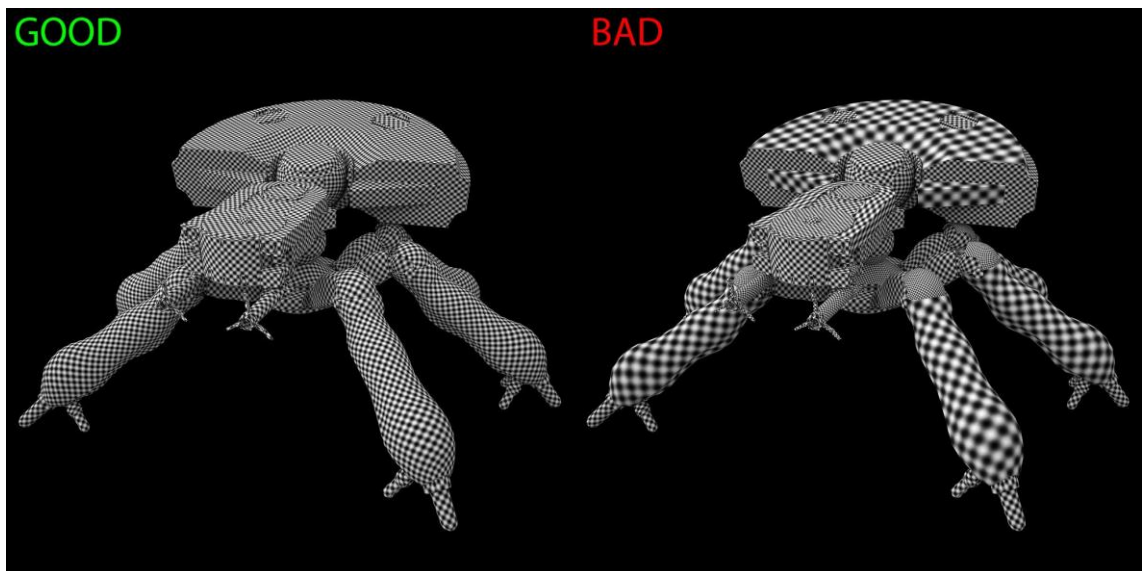


Kuva 6. Esimerkki artefakteista, jotka tulevat näkyviksi tekstuurin kokoa pienennettäessä. (Plarium 2020)

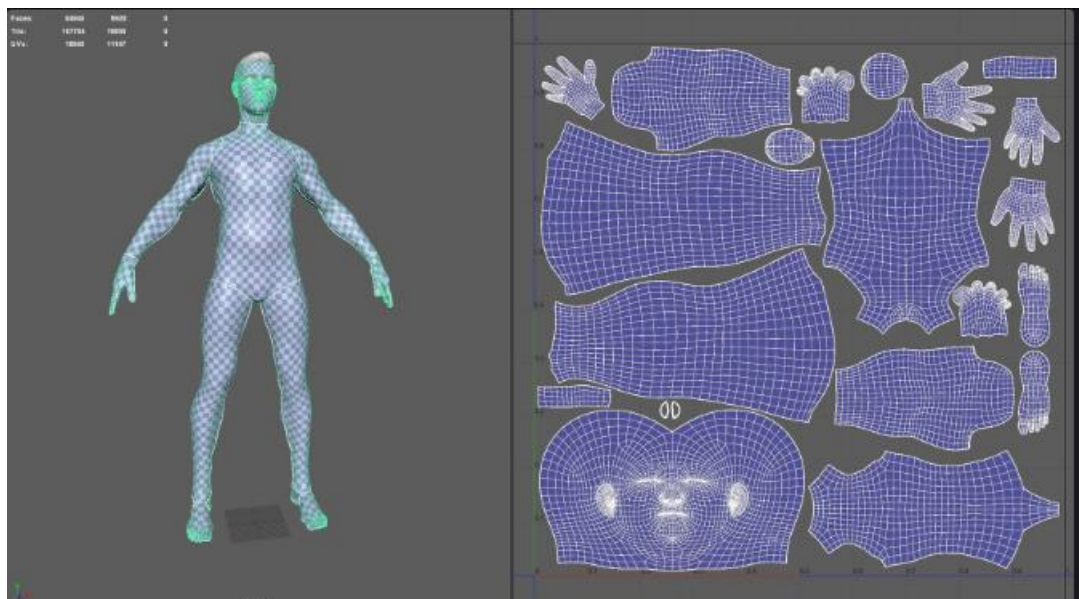
Eri kokoisia tekstuurikarttoja käytetään tilanteen ja 3D-objektin merkityksen mukaan pelissä. Tärkeät, kameran lähellä olevat objektit sekä usein nähdyt 3D-mallit, kuten pelihahmot ja interaktiiviset juonen ja tarinankerronnan kannalta tärkeät objektit, hyötyvät eniten korkearesoluutioisista tekstuureista, jotta niiden

yksityiskohdat erottuvat selkeästi. Sen sijaan taustalla olevat ja pelissä pienemmät objektit eivät vaadi yhtä tarkkoja tekstuureja, sillä pienempi resoluutio ei näy pelaajalle merkittävästi.

Objektin sisäistä resoluutiota voidaan myös säätää texel densityn avulla. Tämä tarkoittaa 3D-mallin tärkeinä pidettyjen alueiden UV-saarten suurentamista suhteessa muihin saarekkeisiin ja myös pienentämällä vähemmän tärkeinä pidettyjen alueiden, kuten esimerkiksi hahmon kengänpohjien UV-saarten kokoa (Kuva 8.). Tämä skaalaus pitää tehdä kuitenkin harkiten, niin että hyvin eri resoluutioiset alueet eivät ole vierekkäin niin että ero on silmiinpistävä (Kuva 7.). Yleensä pyritään siihen, että 3D-mallin tekstuurin texel density eli pikselitiheys olisi mahdollisimman tasainen joka puolella objektia. Ei näkyvissä olevien UV-saarien kokoa kannattaa kuitenkin pienentää tai geometria poistaa kokonaan tekstuurikartan tilan säästämiseksi. Texel densityä havainnoidaan usein shakkilautamaisella tekstuurikartalla, jossa pikselitiheyden ollessa joka puolella sama neliöt näyttävät yhtä suurilta ympäri 3D-mallin.



Kuva 7. Esimerkki hyvästä ja huonosta texel densitystä. (Campbell 2018)



Kuva 8. Hahmon malli ja UV-kartta. Kasvojen UV-saarekettä on suurennettu suhteessa muihin ruumiinosiin. (Ladosha 2025)

UV-saarekkeiden tehokas sijoittelu ja tyhjän tilan minimointi voidaan huipentaa siihen, että 3D-mallin UV-kartan tyhjiin osiin voidaan sijoittaa toisen 3D-mallin tekstuurit. Tätä sanotaan tekstuurien atlasoimiseksi, ja kerron siitä lisää seuraavassa kappaleessa. Atlasointi pienentää kokonaisuudessaan tarvittavien tekstuurien määrää, sillä useat pienet 3D-mallit saavat tekstuurinsa yhdestä ja samasta tekstuurikartasta.

UV-karttoihin liittyvillä valinnoilla voi vaikuttaa paljon 3D-mallin optimoimiseen ja siihen, kuinka paljon muistia ja suorituskykyä se vie pelimoottorissa. Seuraavassa kappaleessa kerron käytännön esimerkkejä siitä mitä eri tekstuurikarttoihin ja UV-karttoihin liittyviä tekniikoita käytin Paradigm Island -pelin ympäristöjä teksturoidessani.

2.3 Teksturointi isometrisen pelin kontekstissa

Isometrinen peli tarkoittaa peliä, jossa käytetään isometrista projektiota eli kuvakulmaa, jossa ympäristön perspektiivi ei muutu kameran etäisyydenstä huolimatta, ja kaikki esineet vaikuttavat olevan samalla tasolla. Paradigm Island -pelissä kamerakulma on lukittu yläviistoon, eikä kameraa voi kääntää (Kuva 9.). Zoomaaminen on mahdollista, mutta perspektiivi ei muutu, ja esineiden koko säilyy suhteessa toisiinsa.

Haluan mainita, että kaikki esimerkkeinä käyttämäni tekstuurit ovat minun itse tekemiäni seuraavissa kappaleissa.



Kuva 9. Paradigm Island -pelin kenttä, jossa näkyy pelin isometrinen kuvakulma. (Steam 2025)

Isometrinen näkymä tarjoaa teksturoinnin kannalta merkittäviä mahdollisuuksia verrattuna tyyppilliseen 3D-grafiikkaan. Koska kamerakulma on lukittu ja objektit näkyvät vain yhdestä suunnasta, tekstuurin ei tarvitse aina kattaa objektia joka puolelta, mikä mahdollistaa tekstuurien optimoinnin entistä paremmin (Kuva 10.).



Kuva 10. Lentokoneessa on geometriaa ja tekstuureja vain kameraan näkyvällä puolella. (Leskinen 2025)

Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan Paradigm Island -pelin UV-kartoitukseen liittyviä käytäntöjä, joita sovellettiin ennen siirtymistä käsinmaalattuun teksturointivaiheeseen.

2.3.1 UV-kartan luominen käsin ja automaattisesti

UV-kartoitusta aloitettaessa käytetyin menetelmä on yleensä 3D-mallinnusohjelmien, kuten Blenderin tai Mayan, tarjoama automaattinen unwrap-toiminto.

Tämä nopeuttaa työskentelyä etenkin varhaisessa tuotantovaiheessa, mutta automaattisesti luodut UV-kartat voivat olla rakenteeltaan puutteellisia. Saumojen sijainnit saattavat osua näkyville pinnoille, saumoja voi olla liikaa tai liian vähän, ja niiden sijoittelu saattaa olla epäloogista 3D-mallin rakenteeseen nähden (Toxigon 2025).

Saumojen määrän ja sijoittelun huolellinen hallinta on keskeinen osa laadukasta UV-kartoitusta. Liian vähäinen määrä saumoja johtaa usein tekstuurin vääristymiseen, kun taas liiallinen määrä vaikeuttaa teksturointia ja voi aiheuttaa visuaalisia häiriöitä, kuten sauman näkyvyyttä tai tekstuurin katkoksia (Soma Games 2025). Automaattisesti luodut UV-saarekkeet ovat lisäksi usein rikkonaisia eivätkä seuraa mallin pintamuotoja optimaalisella tavalla. Automaattisten asetusten säätämällä voidaan päästä tyydyttävään lopputulokseen, mutta viimeistelyvaiheessa UV-kartta hyötyy lähes aina UV-saumojen manuaalisesta tarkastelusta ja muokkauksesta (Kuva 10.) (Toxigon 2025).

Manuaalinen saumojen asettelu vaatii enemmän aikaa ja tarkkuutta, mutta mahdollistaa huomattavasti hallitumman ja yhtenäisemmän lopputuloksen. Saumat voidaan sijoittaa harkitusti alueille, jotka jäävät piiloon pelaajan näkökulmasta, kuten hahmojen käsien alapuolelle, eri materiaalialueiden rajoille tai teräviin kulmiin, joissa mahdolliset vääristymät eivät erotu yhtä helposti. Tällainen sijoittelu vähentää artifaktien riskiä ja tekee UV-kartasta selkeämmän hahmottaa. (Baily 2024)

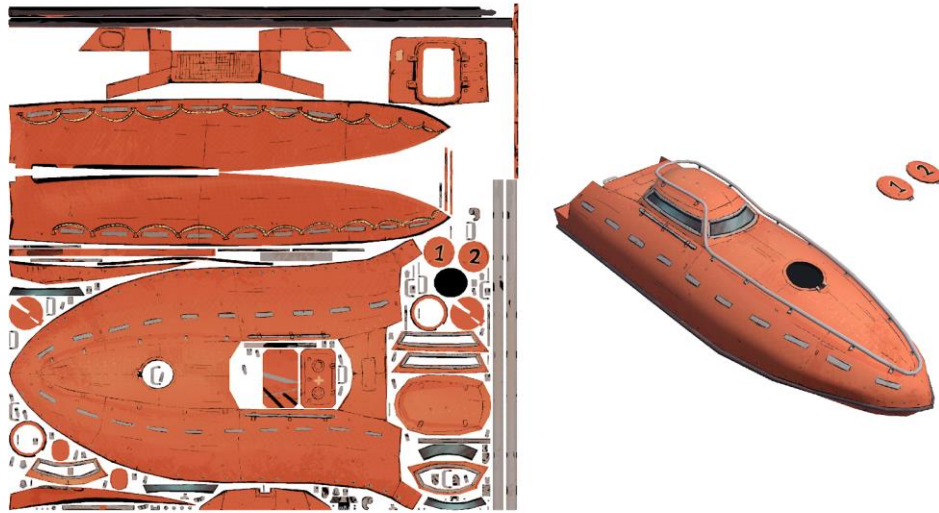
Manuaalisessa UV-kartoituksessa voidaan hyödyntää myös tehokkaita tilankäytön optimointikeinoja. Automaattisesti luoduissa UV-kartoissa jokainen osa saa usein oman saarekkeensa, mikä johtaa suurempaan tilankäyttöön. Symmetristen objektien osat voidaan kartoittaa päällekkäin, jolloin tekstuuri peilautuu molemmille puolille. Tämä vähentää vaadittavan tekstuuritilan määrää merkittävästi, parhaimmillaan jopa puoleen. Samalla logiikalla objektin sisällä toistuvien

osien UV-kartat voidaan yhdistää, mikäli ei ole tarpeen antaa niille yksilöllisiä tekstuureja.

Paradigm Island -projektissa tätä lähestymistapaa sovellettiin useissa koh-teissa. Esimerkiksi projektiosuudessa kalastusveneiden kaitteet ja poijut jaettiin symmetrisesti samoihin UV-karttoihin useiden kopioiden kesken. Myös veneiden sivuseinät UV-kartoitettiin symmetrisiksi päällekkäisillä UV-saarekkeilla, mikä mahdollisti tehokkaan tekstuuritilan hyödyntämisen ja saarekkeita voi olla UV-kartalla siten yksi suuri kahden pienemmän sijaan.

UV-saarekkeiden sijoittelu kartalle vaikuttaa suoraan tekstuurin selkeyteen ja tehokkuuteen. Ihannetapauksessa saarekkeet asetellaan mahdollisimman tiiviisti, jotta vältetään käyttämättömät alueet tekstuurikartalla. Samalla niiden väliin tulee kuitenkin jättää riittävä väli (padding), joka estää vierekkäisten tekstuurialueiden värien vuotamisen toisiinsa, esimerkiksi resoluution pienentyessä (Polycount 2017). Tämä vähentää myös virheiden riskiä, kuten saarekkeiden reunojen vahingollista päällekkäisyyttä.

UV-kartan luettavuuden ja hallittavuuden kannalta on lisäksi suositeltavaa sijoittaa toisiinsa liittyvät saarekkeet lähekkäin. Tämä koskee erityisesti pieniä UV-saarekkeita, joiden selkeä ryhmittely auttaa hahmottamaan, mihin mallin osaan ne kuuluvat. Hyvin organisoitu UV-kartta tukee paitsi tehokasta teksturointia, myös virheiden nopeaa tunnistamista ja korjaamista myöhemmissä työvaiheissa.



Kuva 11. 3D objekti ja sen UV- ja tekstuurikartta, jossa on sekä manuaalisesti, että automaattisesti luotuja saumoja. (Leskinen 2025)

2.3.2 UV- karttojen kameraprojektointi

Isometrinen peli mahdollistaa kamerasta projektoitujen tekstuurien käytön. Projektoidut tekstuurit luodaan siten, että pelimoottorin kamera tuodaan 3D-mallin-
nusoehjelmaan, jossa sen läpi katsotaan 3D-objektia. Tämän jälkeen kameran
läpi näkyvät alueet muodostavat objektin UV-kartan (Disguise 2025). Voidaan
ajatella, että 3D-objektista otetaan ikään kuin valokuva, ja tämän kuvan päälle
maalataan tekstuurit.



Kuva 12. 3D-malli ja sen tekstuurikartta. (Leskinen 2025)

Projektoidut tekstuurit sopivat erityisesti isometrisiin peleihin, koska kameran kulma on kiinteä eikä muutu koskaan. Mikäli kameraa käännettäisiin tai objekti pyörähtäisi, projektoidun tekstuurin illuusio murtuisi, ja objektin pinnalle levitetty tekstuurit näyttäisivät epäluonnollisilta ja vääristyneiltä (Kuva 12.).



Kuva 13. Kirkon tekstuuri takaapäin. (Leskinen 2025)

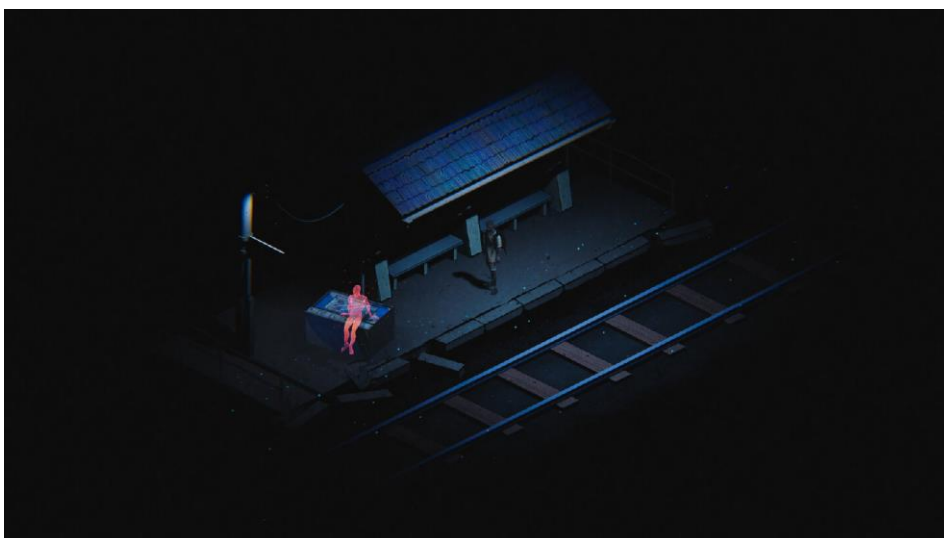
Projektoidut tekstuurit soveltuvat erinomaisesti paikallaan pysyvien esineiden teksturointiin, erityisesti silloin, kun halutaan lisätä runsaasti yksityiskohtia. Koska vain näkyvät alueet teksturoidaan, tämä säästää tekstuurikartan tilaa. Kameralta piilossa oleva geometria voidaan jopa poistaa tiedostokoon pienentämiseksi, mutta tämä voi joissain tapauksissa aiheuttaa ongelmia pelimoottorin valaistuksessa, koska valonlähteet eivät enää reagoi poistettuun geometriaan ja varjot voivat näyttää pelaajan näkökulmasta epäluonnollisilta.

Suurempien 3D-objektien teksturoinnissa on kuitenkin tärkeää ottaa huomioon tekstuurikartan resoluutio. Mikäli tekstuurikartan koko on liian pieni, sen pikselit saattavat tulla näkyviin, mikä heikentää visuaalista laatua. Projektoitu UV-kartta luo objektille suuren, uniikin saarekkeen, joka vastaa sen siluettia, mutta tämä voi johtaa myös suureen määrään käyttämätöntä tilaa kartalla objektin muodosta riippuen. Tämän vuoksi suuria alueita on suositeltavaa teksturoida saumattomilla tekstuureilla. Kuitenkin yksittäisten ja uniikkien 3D-mallien ja alueiden teksturointi projektoiduilla tekstuureilla voi olla hyvä vaihtoehto, sillä se

mahdollistaa yksityiskohtien lisäämisen ja on kohtuullisen nopea luoda UV-kartta.



Kuva 14. Kaatunut limuautomaatti, jonka tekstuurit on projektoitu ja automaatin ikkuna on kokonaan piirretty. (Leskinen 2025)



Kuva 15. Limuautomaatti peliympäristössä. (Leskinen 2025)

2.3.3 Atlasointi ja UDIM –tekniikat

UV-atlasointi on optimointitekniikka, jossa useiden 3D-objektien tekstuurit sijaitsevat samalla tekstuurikartalla (Developer 2025). Tämä lähestymistapa on erityisen tehokas ympäristön pienempien esineiden kohdalla, jotka eivät vaadi itselleen kovin suurta resoluutiota. Tämä parantaa myös tekstuurikarttojen tilankäyttöä, kun tyhjiksi jääville alueille voidaan sijoittaa muiden objektien UV-saarekkeita.



Kuva 16. Kuvassa neljän 3D-objektin tekstuurit ovat samassa UV-kartassa. (Leskinen 2025)

Tekstuuri-atlasointi vähentää myös pelimoottorin muistinkäyttöä ja parantaa suorituskykyä. Sen sijaan, että jokaiselle objektille luotaisiin oma erillinen tekstuuri, voidaan 3D-mallien UV-saarekkeet sijoittaa yhteiselle tekstuurikartalle ja näin vähentää tarvittavien tekstuurikarttojen määrää. Kun useat objektit käyttävät samaa tekstuuria ja materiaalia, voidaan renderöinti suorittaa yhdellä draw callilla, mikä vähentää prosessorin kuormitusta. (Developer 2025) Tämä on erityisen hyödyllistä peleissä, joissa ruudulla on samanaikaisesti paljon objekteja.

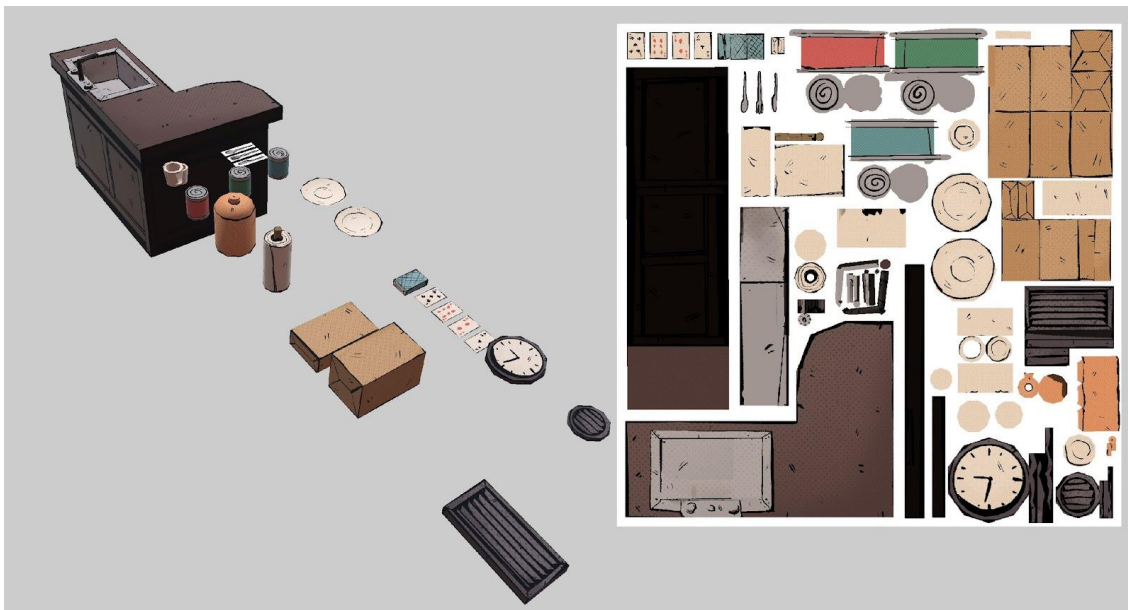
UV-atlaksien hallinnassa korostuvat järjestelmällisyys ja dokumentointi. On tärkeää noudattaa selkeitä nimeämiskäytäntöjä ja pitää kirjaa siitä, mitkä objektit

on liitetty mihinkin tekstuurikarttaan. Näin varmistetaan, että oikeat tekstuurit löytyvät helposti ja että työskentely pysyy hallittuna suuremmissakin projekteissa.

Paradigm Island -pelissä hyödynsimme atlaksia paljon ympäristöjen pienten sisustusesineiden tekstuurikartoissa. Varsinkin ensimmäisen kentän Lounge -tilassa lähes kaikki pienet ympäristöä elävöittävät esineet ovat tekstuuriatlaksilla (Kuva 13.).



Kuva 17. Lounge -alue Paradigm Island -pelissä. (IGBD 2025)

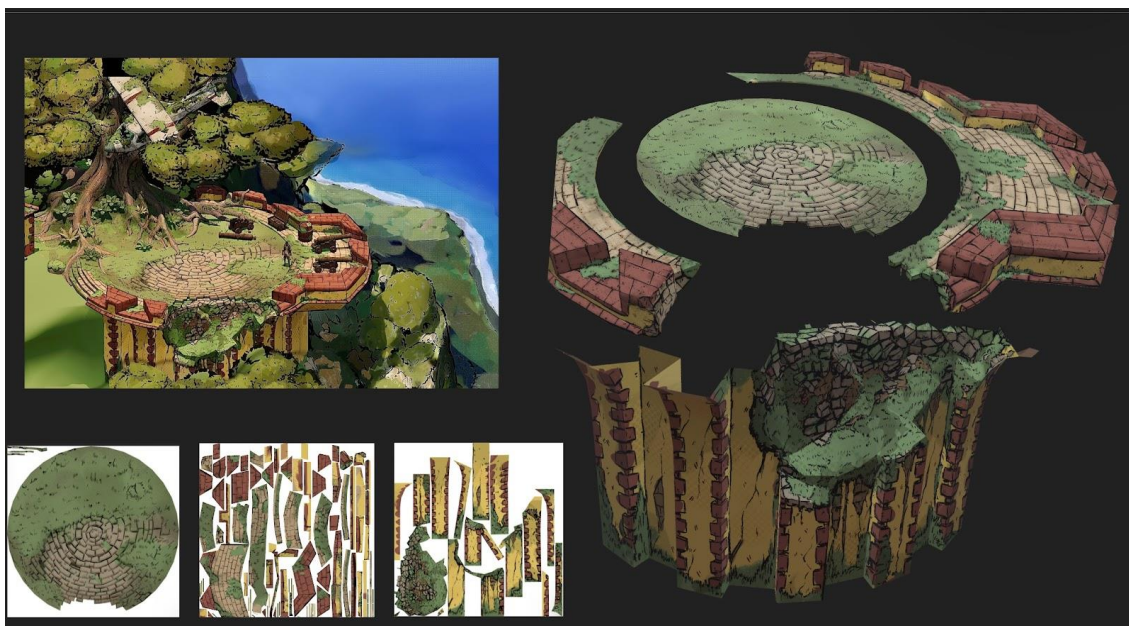


Kuva 18. Esineitä Loungesta ja niiden tekstuurikartta. (Leskinen 2025)

Tekstuuriatlaksen vastakohtana voidaan pitää UDIM-tekniikkaa (U-Dimension), jossa yhden 3D-mallin tekstuurit jaetaan useille eri tekstuurilaatoille ja UV-kartoille. Tätä menetelmää käytetään suurten ja yksityiskohtaisten 3D-mallien teksturointiin jakamalla malli pienempiin osa-alueisiin, esimerkiksi kahdeksaan 2K-teksturiin yhden suuren 8K-tekstuurin sijaan. (Koutslis 2024)

UDIM-tekniikan etuna on, että tekstuurien resoluutiota voidaan säätää erikseen jokaiselle alueelle. Näin esimerkiksi hahmon kasvoille voidaan antaa korkeampi resoluutio kuin vähemmän tärkeille alueille, kuten jaloille. Tekniikka soveltuukin hyvin tilanteisiin, joissa yksityiskohtien hallinta ja korkea resoluutio on tärkeää, ja sitä hyödynnetään laajasti suurten esineiden ja hahmojen teksturoinnissa, joissa tarvitaan useita tekstuurialueita säilyttämään korkea resoluutio.

Käytin UDIM- tekniikkaa kerran erään suuren linnoituksen teksturoimisen, jossa jaoin rakennelman tekstuurit kolmelle eri UV- kartalle (Kuva 15).



Kuva 19. 3D-malli, jonka tekstuurit ovat jaettu kolmelle eri tekstuurikartalle.
(Leskinen 2025)

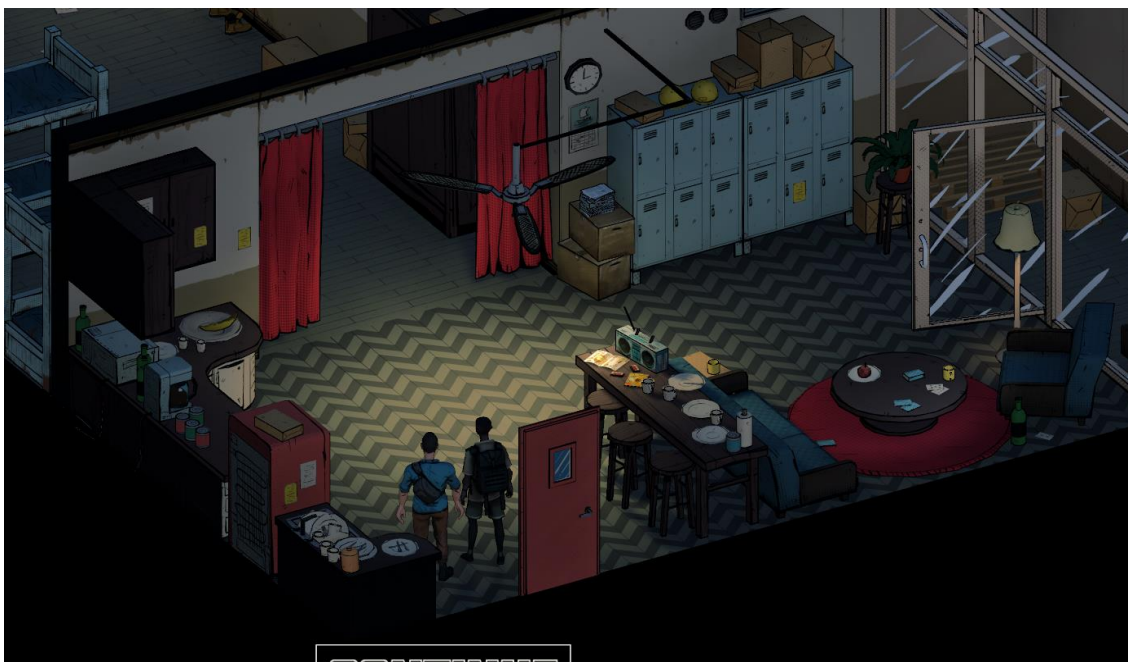
2.3.4 Saumattomat tekstuurit

Saumattomat tekstuurit ovat tekstuureja, jotka voidaan toistaa rajattomasti siten, että saumakohdat eivät ole havaittavissa. Tämä tarkoittaa, että tekstuurin ylä-, ala- ja sivureunat sulautuvat toisiinsa saumattomasti, jolloin toisto ei erotu silmämääräisesti (Canning 2023).

Saumattomia tekstuureja käytetään usein suurten pintojen, kuten maanpinnan tai seinien teksturointiin. Paradigm Island -pelissä käytimme saumattomia tekstuureja juuri lattioiden ja seinien teksturointiin. Alla oleva seinätekstuuri tosin toistuu vain sivusuunnassa, sillä tekstuurikartta on koko seinän korkuinen, mutta lattian tekstuuri toistuu kaikissa suunnissa (Kuva 16.).



Kuva 20. Lounge -tilan lattian (vas.) ja seinän (oik.) saumaton tekstuuri. (Leskinen 2025)



Kuva 21. Lähikuva Loungesta jossa näkyvät sekä lattian että seinän tekstuurit. (Leskinen 2025)

Saumattomia tekstuureja voidaan luoda esimerkiksi 3D-teksturointiohjelmissa tai digipiirtämiseen tarkoitetuissa ohjelmissa, kuten Photoshopissa. Yksi yleisimmistä menetelmistä saumojen häivyttämiseen on käyttää Photoshopin Offset-toimintoa, jonka avulla tekstuurin reuna-alueet siirretään kuvan keskelle. Tämän jälkeen reunoja voidaan muokata niin, että niiden liitoskohdat eivät enää erotu (HogoNext 2024).

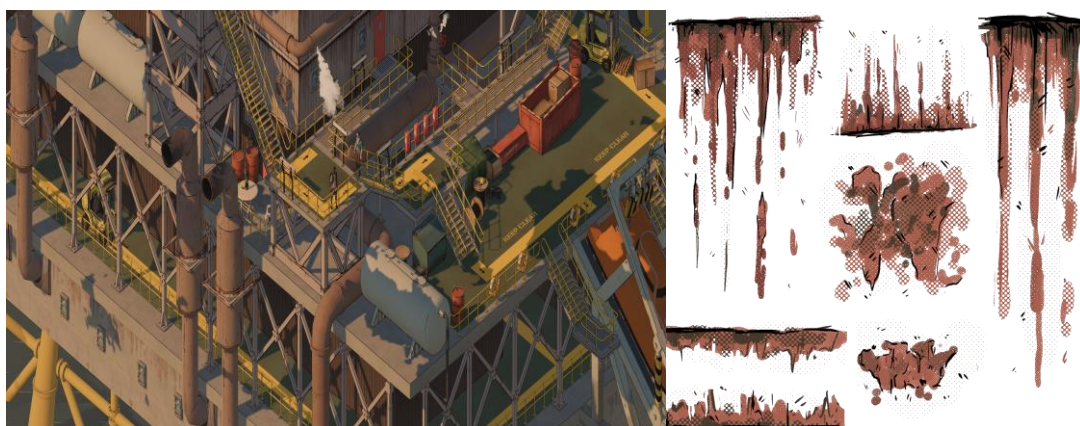
Saumattomien tekstuurien haasteena on usein toistuvan kuvion aiheuttama yksitoikkoisuus. Tekstuuri voi alkaa näyttää keinotekoiselta ja erottua ympäristöstä, jos sen toistoa ei rikota millään tavoin. Toistuvuuden vaikutelmaa voidaan vähentää esimerkiksi pelimoottorissa käyttämällä pieniä väriaihteluita tai sekoittamalla tekstuuria muihin tekstuureihin materiaalin muokkaamiseen tarkoitettujen shaderien avulla. Näihin menetelmiin en kuitenkaan syvenny tässä opinnäytetyössä rajauksen vuoksi. Yksi tapa rikkoa tekstuurien yksitoikkoisuutta ja lisätä kiinnostavia yksityiskohtia on käyttää niin kutsuttuja decaleja, joita käsitellään seuraavassa kappaleessa.

2.3.5 Decalit

Decalit ovat peleissä käytettäviä 2D-tekstuureja, joita voidaan sijoittaa muiden tekstuurien päälle kuin tarroja. Niiden avulla voidaan luoda pintoihin mielenkiintoisia yksityiskohtia muokkaamatta alla olevaa alkuperäistä tekstuuria.

Paradigm Island -pelissä decaleilla toteutetaan esimerkiksi ruostejälkiä, seinien rappeutumia sekä maahan pudonneita papereita. Kuten muutkin tekstuurit, decalit vaikuttavat pelin suorituskykyyn, jos niitä käytetään liikaa.

Decalit eivät vaikuta niiden alla oleviin tekstuureihin. Ne ovatkin tehokas tapa lisätä visuaalista vaihtelua ja yksityiskohtia 3D-objektien pinnoille. Decaleja voidaan käyttää rikkomaan saumattomien tekstuurien aiheuttamaa toistoa tai elävöittämään ympäristöjä luonnollisilla epätäydellisyyksillä. Lisäksi decaleja voidaan hyödyntää pelimekaanisina efekteinä, kuten pelaajan jalanjälkinä, jotka ilmestyvät maahan reaaliaikaisesti (Toledo 2023).



Kuva 22. Ruoste decaleita kentässä ja niiden tekstuuri. (Leskinen 2025)

3 Teksturoinnin tyylittely

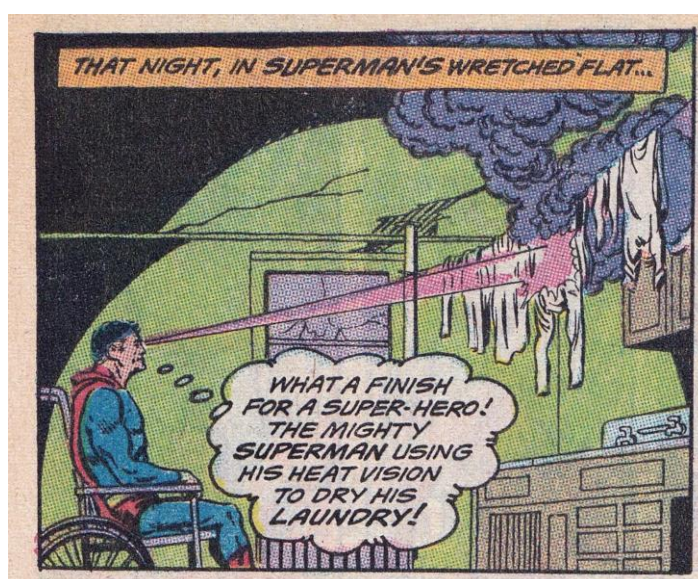
Pelin visuaalinen ilme on keskeinen osa pelin kehittämistä. Huolellisesti suunniteltu ja mieleenpainuva visuaalinen tyyli auttaa peliä erottumaan muista markkinoilla olevista peleistä ja voi parhaimmillaan tehdä siitä helposti tunnistettavan. Visuaalisten elementtien tulisi tukea pelin tarinankerrontaa sekä ohjata pelaajan kokemusta esimerkiksi värien, kontrastien ja visuaalisten efektien avulla. (Bassel 2024)

Paradigm Islandin visuaalisen tyylin kehityksessä suurin yksittäinen inspiraation lähteenä toiminut peli oli ZA/UM-studion *Disco Elysium* (2019) (Kuva 19.). Pelin maalauksellinen tyyli, tumma väripaletti ja jyrkät kontrastit tekivät vahvan vaikutuksen kehitystiimiin. *Disco Elysium*in yksityiskohtainen ja realistinen tyyli olisi ollut teknisesti haastava toteuttaa pienellä tiimillä, joten etsimme kevyemmin toteutettavia tyyliuuntia. Katse siirtyi yksinkertaisempiin ja graafisesti selkeisiin lähteisiin, kuten *Tinttiin*, jossa "clear line" -tyyli mahdollistaa visuaalisen selkeyden pienellä värimäärällä ja vähäisellä sävytyksellä (Hergé, 1929–1986). Tämä lähestymistapa inspiroi meitä erityisesti ympäristöjen yksityiskohtien ja värialueiden suunnittelussa.



Kuva 23. Näyttökaappaus pelistä *Disco Elysium* (ZA/UM, 2019). (cGames 2023).

Paradigm Island -pelin visuaalinen ilme perustuu pitkälti Golden Age ja Silver Age -sarjakuvien (1938–1970) estetiikkaan. Tyyllisiä vaikutteita on haettu esimerkiksi amerikkalaisista *Superman*- (Siegel ja Shuster, 1938) ja *Wonder Woman* -sarjakuvista (Marston ja Peter, 1941), sekä eurooppalaisista *Asterix ja Obelix* (Goscinny ja Uderzo, 1959), *Tintti* (Hergé, 1929) ja *Lucky Luke* (Morris, 1946) -sarjakuvista.). Sarjakuvamainen tyyli valittiin osittain siksi, että sen kautta peli voi käsitellä ahdistaviakin aiheita ilman että pelistä tulisi liian synkkä. Sarjakuvamainen tyyli tuo esiin myös pelin huumoria ja kertoo, ettei peli ota itseään liian vakavasti (Riekko, 2023).



Kuva 24. Esimerkkikuva vanhasta sarjakuva paneelista (Haley 2017)

Visuaalisen ilmeen kulmakivet ovat Paradigm Islandissa käsin piirretyt ääriviivat, rajattu väripaletti, printtaus jälkeä jäljittelevä rasterikuvio sekä käsinpiirretyn oloinen yleisilme, joka ei tavoittele täydellisyyttä. (Riekko 2023a)

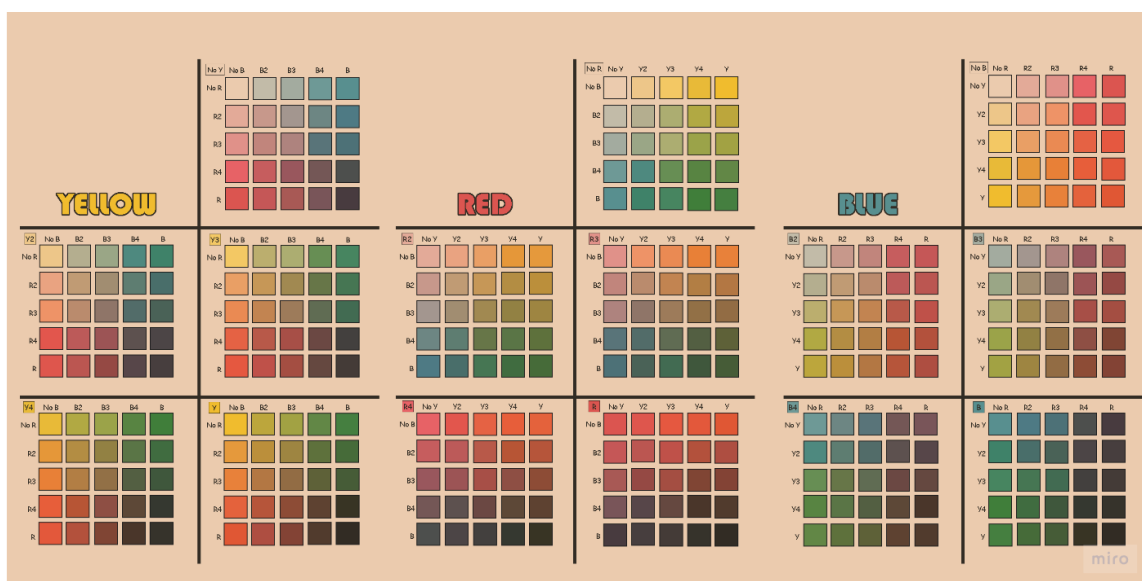
Tekstuureissa suurin yksittäinen sarjakuvamaista ilmettä luova asia on 3D-malleissa olevat ääriviivat. Ääriviivojen avulla saadaan luotua 3D malleihin yksityiskohtia ja autetaan niitä erottumaan toisista. Paradigm Island-pelissä iso osa ääriviivoista on piirretty käsin 3D-mallien tekstuurieihin mutta esineiden siluetteja

ympäröivät ohuet ääriviivat luodaan pelimoottorissa shaderin avulla. Tämä auttaa esineitä sulautumaan yhteen yhdeksi kokonaisuudeksi ja tekee kentästä visuaalisesti mielyttävämmän (Kuva 20).



Kuva 25. 3D- mallin tekstuurit ja kuva pelimoottorissa, jossa näkyy ääriviiva shader. (Leskinen 2025)

Rajattu väripaletti tekee pelin väreistä harmonisia keskenään ja auttaa peliä näyttämään sarjakuvamaiselta kokonaisuudelta. Väripaletti on koottu sarjakuvien printtaamisessa käytetyistä väreistä eli sinisestä, punaisesta (magenta) ja keltaisesta ja niiden sekoituksista. Väreistä on tehty kellastuneita vanhojen sarjakuvien sivujen kellastumisen imitoimiseksi, joten väripaletin valkoinen ja musta ovat myös murrettuja sävyjä. Pelissä ei käytetä puhdasta mustaa objektien tekstuuriin pohjaväreissä, vaan sen sijaan tummaa violetihtavaa harmaata, sillä esineiden ääriviivat ovat mustia ja ne menisivät sekaisin. Puhdasta valkoista saatetaan käyttää esineiden kiilloissa, ei mutta sitä pyritään käyttämään harvoin ja harkitusti.



Kuva 26. Matilda Heilalan luoma Paradigm Island -pelin tekstuurien väripaletti. (Paradigm Island Blog 2023)

Printtausjälkeä jäljittelevä rasterikuvio toteutetaan teksturointivaiheessa piirtämällä. Pelin kehittämisen aikaisessa vaiheessa pohdittiin myös rasterikuvioinnin toteutuksesta pelimoottorissa mutta päädyttiin siihen, että kaiken kattava rasterointi olisi visuaalisesti epämiellyttävä silmälle (Kuva 20.) ja lopulta päädyttiin siihen, että rasterikuvioita lisätäänkin harkiten suoraan tekstuuriin pienissä määrin teksturointivaiheessa.



Kuva 27. Konseptikuva rasterointi filteristä (Riekko 2023b).

Paradigm Islandin teksturoinnin viimeinen kulmakivi oli sarjakuvamainen, käsinpiirretyn näköinen lopputulos. Tämä tarkoitti sitä, että tekstuureissa pyrittiin tietoisesti välttämään konemaista täydellisyyttä. Tyyli mahdollistaa suuremman taiteellisen vapauden ja sallii pienet epätarkkuudet, kuten lievästi epäsäännölliset ääriviivat, jotka tukevat visuaalista ilmettä sen sijaan, että ne näyttäisivät virheiltä.

Epätäydellinen piirtojätki on perusteltu myös historiallisesti: perinteisissä sarjakuvissa painotekniikat eivät aina kohdistaneet väri- ja viivatasoja täysin tarkasti. Tämä johti pieniin värivirheisiin ja linjojen siirtymiin, jotka kuitenkin loivat sarjakuville niiden tunnusomaisen, inhimillisen ja elävän ilmeen. Paradigm Island -pelissä tätä estetiikkaa jäljittelevä teksturointitapa tuo peliin persoonallisuutta ja viittaa samalla tyyllillisesti sen visuaalisiin inspiraationlähteisiin. (Riekkö 2023a)



Kuva 28. "An extreme example of misaligned colors." (Paradigm Island Blog 2023)

Omaleimainen tyyli tekee pelistä visuaalisesti mielenkiintoisen ja indie pelien massasta erottuvan, mutta se myös tarkoittaa sitä, että pelin kaikki tekstuurit on luotava alusta alkaen itse, eikä valmiita teksturoituja 3D-assetteja pystytä osta-

maan valmiina olemassa olevista 3D-mallien kauppapaikoista netissä ja hyödyntämään pelissä suoraan, koska niitä ei ole saatavilla toisin kuin esimerkiksi valokuvarealismia tavoittelevia 3D-malleja. Projektiosuudessa käydään läpi tämän teksturointi prosessin vaiheet.

4 Projektiosuus

4.1 Teksturointi ohjelman valinta

Adobe Photoshop, 3D Coat ja Substance Painter ovat teksturoinnissa yleisesti käytettyjä ohjelmia, joiden avulla voidaan luoda käsinmaalattuja tekstuureja (Adobe, 2025; Pilgway, 2025; Adobe Substance, 2025). Itse päädyin kuitenkin käyttämään hieman harvinaisempaa vaihtoehtoa, Procreatea, jota olin hyödyntänyt aiemmin digitaalisen taiteen projekteissa ja Paradigm Island -pelin konseptitaiteessa (Savage Interactive, 2025).

Procreate on Savage Interactiven vuonna 2011 julkaisema sovellus Applen iPadille. Vuodesta 2021 alkaen, version 5.2 myötä, ohjelmaa on voinut käyttää myös 3D-objektien teksturointiin. Olin mieltynyt Procreaten siveltimien tuntumaan, ja vaikka ohjelman 3D-teksturointiominaisuudet ovat rajalliset, se mahdollistaa pohjaväriin, metallisuuden sekä kiiltävyyden tai karheuden määrittämisen. Koska Paradigm Island -projektissa tarvitsimme vain pohjavärikarttoja, nämä rajoitukset eivät muodostuneet ongelmaksi. Ennen 3D-mallin viemistä Procreateen sen täytyy kuitenkin olla UV-kartoitettu toisessa ohjelmassa ja tallennettu .obj-tiedostomuodossa.

Samankaltaisia tekstuureja kuin mitä teen projektiosuudessani on mahdollista luoda lähes missä tahansa teksturointiohjelmassa, kunhan ohjelma tukee omien siveltimien luomista, kerroksittaista työskentelyä, sekä mahdollisuutta maalata suoraan 3D-mallin pintaan ja suoraan 2D-tekstuurikarttaan. Käynkin teksturoinnin vaiheet läpi mahdollisimman yleisellä tasolla, jotta periaatteet olisivat sovellettavissa mahdollisimman laajasti eri teksturointiohjelmissa.

4.2 Teksturoinnin siveltimet

Käsinmaalatussa teksturoinnissa värien lisäksi yksityiskohtien määrä ja pinnan materiaalin ominaisuuksien jäljittely piirtämällä ovat erittäin tärkeitä, sillä käytävissä ei ole muita tekstuurikarttoja kuin pohjavärikartta, joka luo materiaalin tuntua. Teksturointiin käytettävillä siveltimillä on merkittävä vaikutus siihen, miltä tekstuuri lopulta näyttää ja kuinka helposti tekstuuri on maalattavissa. Sarjakuvamaisen tyylin tavoittelussa valitsimme siveltimiä, jotka jäljittelevät sarjakuvissa esiintyviä tekstuureja ja jälkiä, kuten mustekyniä, laajoja alueita täyttäväksi pyöreämpiä suuria kyniä sekä sarjakuvaprintissä syntyvää rasterikuviota jäljitteleviä siveltimiä. Pyrin pitämään käytettävät siveltimet mahdollisimman samanlaisina kaikilla teksturoitavilla objekteilla, jotta lopputulos olisi yhtenäinen ja visuaalisesti johdonmukainen.

Eniten käyttämäni kynä oli ohut sivellin, jota käytin ääri viivojen piirtämiseen. Tärkeä piirre tässä siveltimessä oli sen vakauttava ominaisuus, joka teki viivoista sulavampia ja vähensi käden pienistä liikkeistä johtuvia epätasaisuuksia. Tämä vakautus oli erityisen hyödyllinen silloin, kun halusin piirtää tasapaksumpaa jälkeä ilman, että jokainen siveltimen veto elää liikaa. Toinen tärkeä ominaisuus ääri viivakynässä oli sen herkkyyys kynän paineelle; siveltimen jälki oli kevyemmin painettaessa ohuempaa ja kovemmin painettaessa leveämpää. Tämä teki kynän jäljestä vaihtelevaa ja jäljitteli hyvin oikean mustekynän piirtojälkeä paperille.



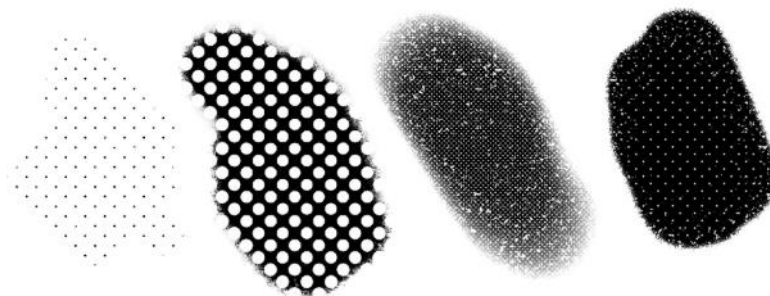
Kuva 29. Esimerkkikuva ääri viiva siveltimestä, vasemmalla piirto jäljen vakautus päällä ja oikealla piirto jälkeä ei ole vakautettu. Molemmissa kynissä paineen määrä vaikuttaa kynän piirto jäljen leveyteen. (Leskinen 2025)

Toinen usein käytetty kynä on suurempien alueiden värittämiseen tarkoitettu kynä, jolla väritetään pohjavärejä ja pienempiä alueita. Alueiden täyttämiseen voi käyttää UV-alueiden täyttötyökalua, mutta myös kynällä maalaaminen on kätevää. Tämän vuoksi on tärkeää, että kynä reagoi samalla tavalla kuin ääri viiva kynä, eli se reagoi kynän paineeseen. Näin samalla kynällä voi täyttää nopeasti suuria alueita ja korjailia pieniä yksityiskohtia ilman, että kynää tarvitsee jatkuvasti säätää tai vaihtaa.



Kuva 25. Esimerkki kynästä, jota olen käyttänyt tekstuurien värittämiseen, kynään kokoa ei ole säädetty kertaakaan kuvioita piirtäessä, vaan siveltimen kärjen kokoa kontrolloitiin kynän paineella. (Leskinen 2025)

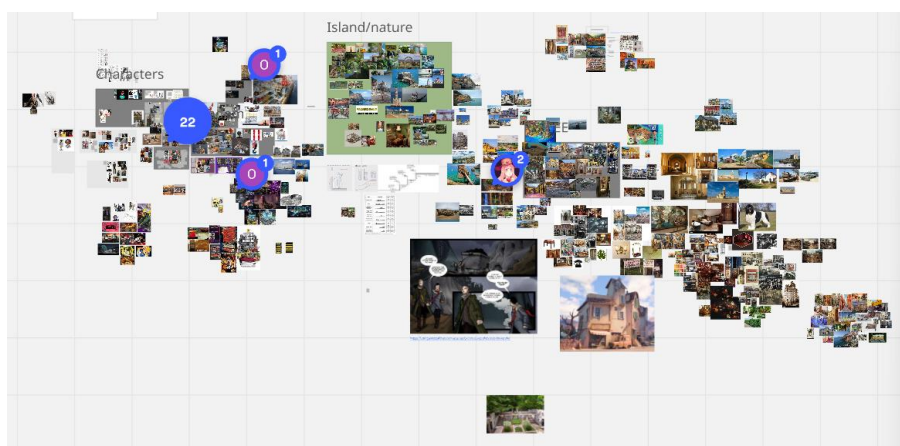
Teksturoitujen objektien viimeistelyyn käytin erilaisia tekstuurisiveltimiä, joilla lisäksi yksityiskohtia värin päälle. On hyödyllistä käyttää muutamia eri siveltimiä, ja sarjakuvatyylistä inspiroituneena valitsin muutaman rasterikuvioita jäljittelevän siveltimen, jotka auttoivat rikkomaan tekstuurin tasaista pintaa. Tärkeää on, että rasterikuvio toistuu saumattomasti maalatessa ja pysyy yhtenäisen kokoisena, sillä epäyhtenäinen piirto jälki voi tehdä pinnasta sotkuisen näköisen.



Kuva 31. Esimerkkejä rasterikuviolisista siveltimistä (Leskinen 2025)

4.3 Konsepti kuvat

Ennen kuin 3D-objektia alkaa mallintaa tai teksturoida, on tärkeää olla jonkinlainen käsitys lopputuloksesta. Mallina voi käyttää esimerkiksi valokuvia, oikeita esineitä, piirrettyjä konseptikuvia tai tekoälyllä generoituja kuvia. Tehokas keino on yhdistellä näitä elementtejä ja luoda oma "moodboard", eli kuvakollaasi eri kuvista, jotka liittyvät esineisiin ja ympäristöihin. Projektin aikana käytimme useita eri nettisivustoja inspiraation etsimiseen ja kokosimme löydetyt kuvat Miroon ja Discordiin, jotta koko tiimi pääsi katsomaan niitä.



Kuva 32. Kuvankaappaus koko peliprojektin Moodboardista Mirossa (Leskinen 2025)

Kuvista voi saada uusia ideoita ja nähdä, miltä esineet oikeassa elämässä näyttävät. Kuvien jakaminen ennen mallintamisen tai teksturoinnin aloittamista takaa sen, että koko tiimi on samalla viivalla ja ymmärtää, mitä ollaan tekemässä. Tämä vähentää kommunikaatiovirheiden riskiä, eikä työtunteja mene hukkaan mahdollisten muutosten vuoksi.

Kuvien kerääminen yhteen paikkaan auttaa myös näkemään yksittäiset osat kokonaisuutena ja auttaa hahmottamaan ympäristön visuaalista ilmettä etukäteen. Konseptikuvien piirtäminen on erinomainen keino suunnitella ympäristöjä vähällä vaivalla, ja sen avulla voidaan testata, mitkä ideat toimivat parhaiten ja

miltä esimerkiksi jokin alue voisi näyttää, ennen kuin mitään mallintamista tai pelimoottorissa työskentelyä tarvitaan.

Projektiosuuden teksturointia varten valitsin Paradigm island -pelin keskeneräisistä 3D-malleista kalastusveneen, sillä siinä on monipuolisesti erilaisia yksityiskohtia, ja se tarjoaa erinomaiset puitteet teksturointidemonstraatiolle. Kalastusveneen liitteenä oli inspiraation lähteeksi löydetty kuva, joiden värien pohjalta alan luomaan veneelle tekstuureja.

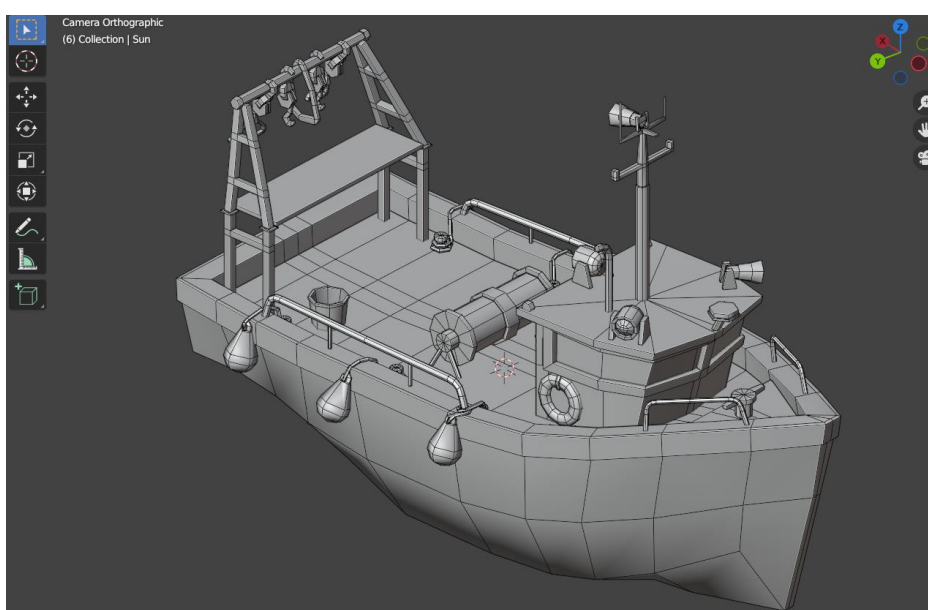


Kuva 33. Kalastusveneen värin inspiraatio (3D-molier 2023)

4.4 Mallinnus ja UV-kartoitus

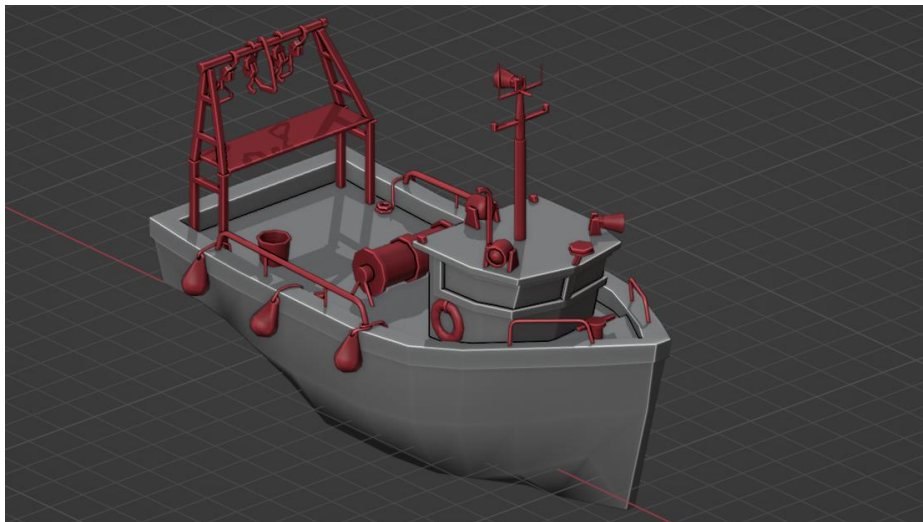
Peliä tehdessämme pyrimme tekemään 3D-malleista mahdollisimman kevyitä pelimoottorille pitämällä geometrian määrän yksinkertaisena, eli käyttämällä niin sanottuja low poly -malleja. Yksinkertaistetut muodot sopivat hyvin pelimme tyyliin ilmeeseen ja nopeuttivat myös mallinnusprosessia muotojen yksinkertaisuuden ansiosta.

Projektin aikana käytimme 3D-mallintamiseen pääasiassa Maya- ja Blender-ohjelmia. Itse työskentelin eniten juuri Blenderissä, mutta 3D-mallinnusta voi tietenkin tehdä myös muilla ohjelmilla. Opinnäytetyön rajauksen vuoksi en käsittele 3D-mallinnuksen vaiheita tarkemmin, vaan keskityn teksturointiin liittyviin asioihin. Projektin aikana toimin useimmiten teksturointi- ja konseptiartistina: jokin muu tiimin jäsen mallinsi 3D-objektit, mutta minä vastasin UV-kartoituksesta aina tarvittaessa. Kalastusveneeseen (Kuva 29.) on mallintanut Olena Tyshchenko, mutta olen luonut siihen UV-kartat, sekä tekstuurit ja tämä kuvaakin hyvin tyypillisen 3D-mallin tuotantokaarta Paradigm Island -pelissä. Opinnäytetyöni käsittelee ainoastaan teksturointia, joten hyödynsin ajankäytöllisistä syistä valmiiksi mallinnettua 3D-objektia, jotta pääsisin suoraan aloittamaan teksturoinnin ja UV-kartoituksen.



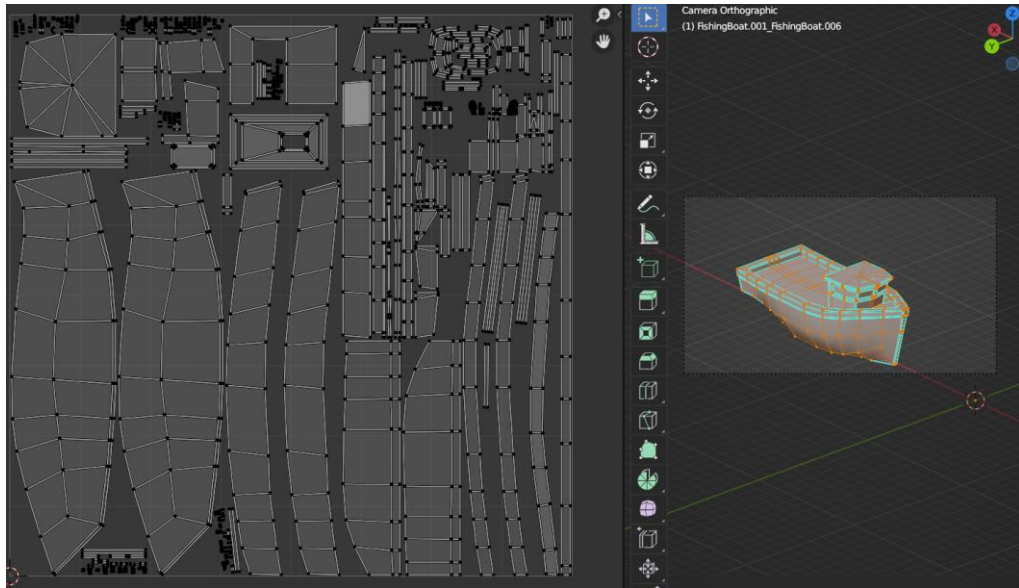
Kuva 34. Kalastusveneeseen 3D-malli. (Tyshchenko 2025)

Laadin projektiosuuden veneelle UV-kartat Blenderissä, jaoin veneen kahdelle tekstuurikartalle, niin että itse vene on yhdellä kartalla ja venettä koristavat pienet esineet kuten poijut ja lamput ovat toisella tekstuurikartalla (Kuva. 30.). Jaoin veneen osiin sen perusteella mitkä asiat olivat kiinteästi osa venettä ja mitkä olivat ikään kuin koristeena päällä.



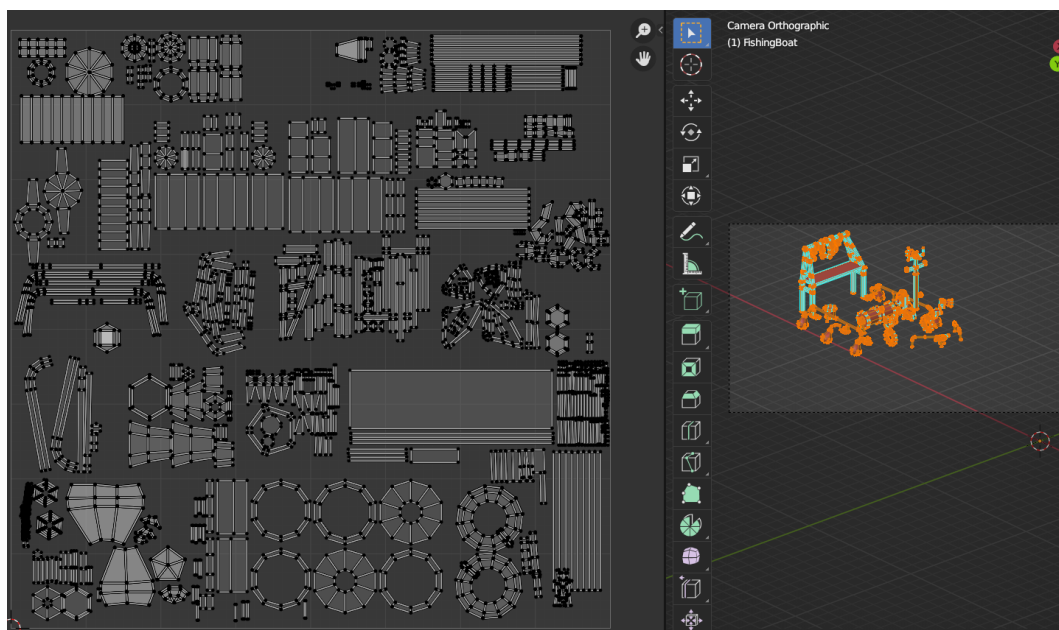
Kuva 35. 3D- mallin punaisella ja harmaalla värillä olevat alueet ovat omilla UV-kartoillaan. (Leskinen 2025)

Jaoin veneen tekstuurikartat kahteen osaan siksi, että saisimme palasille tarpeeksi suuren pikselitiheyden, sillä jos olisin mahduttanut kaikki palaset yhdelle tekstuurikartalle pienempien UV-saarien koko olisi ollut niin pieni, ettei 2K tekstuurikartan kuvan koko olisi mitenkään riittänyt kattamaan kaikkia mallin osia ilman, että tekstuurin pikselit tulisivat näkyviin.



Kuva 36. Kuva veneen rungon UV-kartasta. (Leskinen 2025)

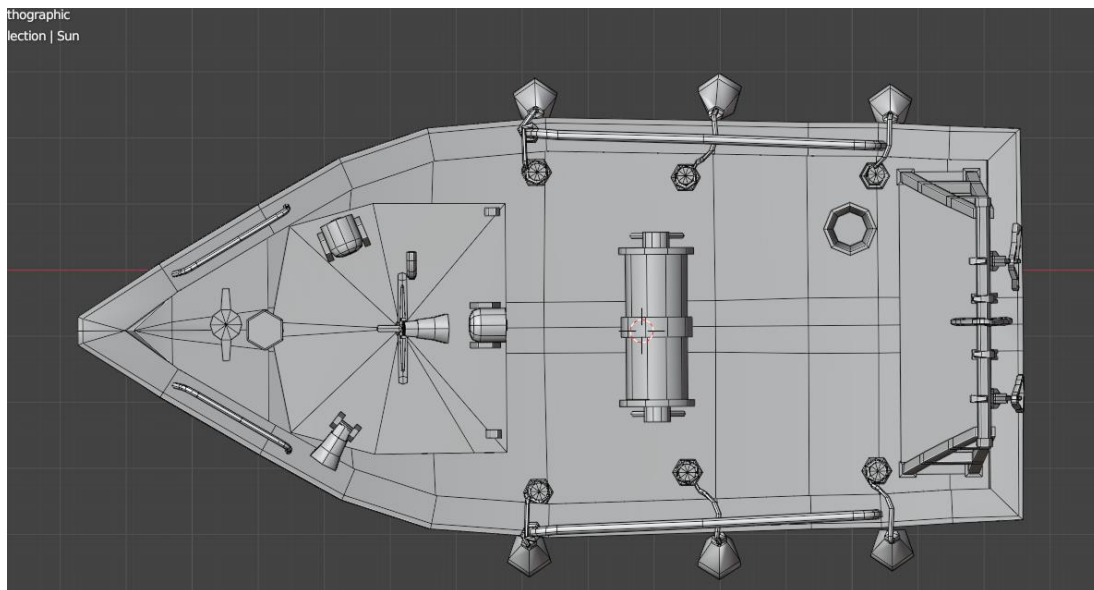
Veneen UV-kartat on toteutettu osittain automaattisesti ja osin manuaalisesti UV-kartoittamalla. Osa veneen perämööttöriin UV-saarista muuttui aika pieneksi silpuksi automaattisella UV-kartoitus työkalulla, mutta pelissä perämööttöri on luultavasti koko ajan veden alla piilossa ja se saa vain yksinkertaisen tummanharmaan tekstuurin, niin päätin olla käyttämättä sen kartoitukseen enempää aikaa. Tärkeimmät alueet veneessä ovat veneen sivut ja kansi, joten varasin niille suuren tilan ja päätin antaa veneen molemmille puolille omat uniikit tekstuurikartat.



Kuva 37. Kuva veneen irtaimiston UV-kartasta. (Leskinen 2025)

Veneen kyydissä olevia esineitä pyrin tiivistämään mahdollisimman paljon päällekkäisillä UV-kartoilla, sillä veneessä olevat yksityiskohdat kuten poijut ja köysien kiinnitykset toistuvat siinä monta kertaa (Kuva 32.). Sijoitinkin näiden kopioiden UV-saaret päällekkäin, jotta tekstuurit veisivät UV-kartalla mahdollisimman vähän tilaa. Samalla pystyn nopeuttamaan teksturointiprosessia, sillä riittää että maalaan tekstuurit vain yhteen objektiin ja ne kopioituvat automaattisesti myös muille sen UV-kartat jakaville esineille.

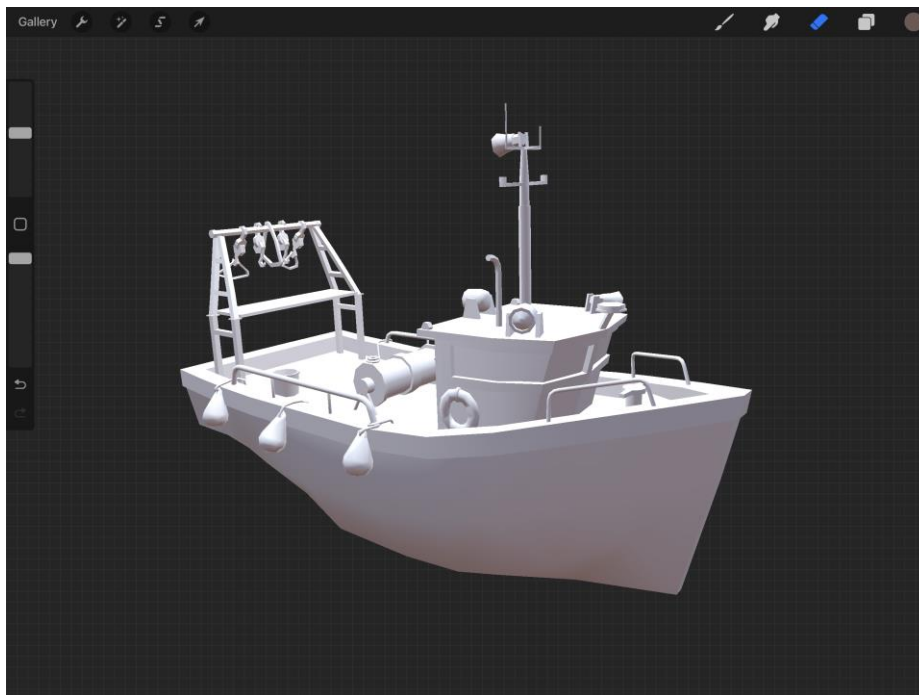
UV-saarekkeet on ryhmitelty vierekkäin sen perusteella mihin 3D-objektiin ne kuuluvat, mikä selkeyttää saarekkeiden löytämistä ongelmatilanteissa ja jättää kartalle hieman tilaa, jos tulee tilanne, että jonkin saarekkeen pikselitiheys on liian pieni ja sitä pitää suurentaa niin sille on hieman tilaa. Automaattisesti pakkaamalla UV-saarekkeet vierekkäin olisin saanut ne pakattua vielä lähemmäs toisiaan ja hyödyntämään tilan paremmin, mutta päätin tässä tapauksessa pitää saarekkeiden järjestyksen mahdollisimman selkeänä itselleni, jotta pystyisin muokkaamaan niitä ongelmatilanteissa.



Kuva 38. Veneen yksityiskohdat ovat pitkälti symmetrisiä. (Leskinen 2025)

4.5 Teksturointi

Vein UV-kartoitetun 3D-mallin Procreate -ohjelmaan .obj muodossa. Tein tämän vaiheen muutaman kerran, sillä huomasin pieniä korjattavia asioita UV-kartoissa, ja niitä ei pysty muokkaamaan Procreatessa.

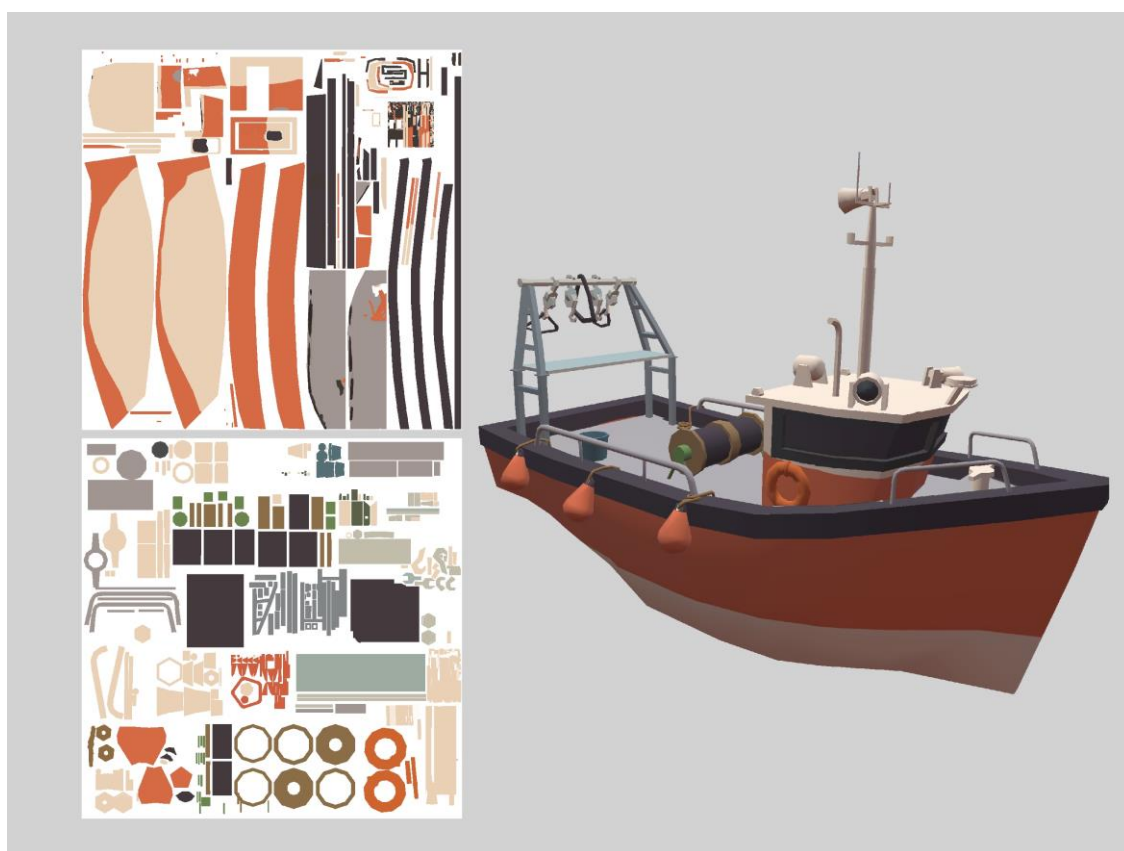


Kuva 39. Teksturoimaton 3D-malli Procreatessa. (Leskinen 2025)

4.5.1 Pohjaväri

Ensimmäinen askel teksturoinnissa on mallin pohjavärien asettaminen paikoilleen. Pohjavärit ovat jonkin tietyn alueen kaikista yleisimpiä värejä ja piirrämme sen päälle sitten pienemmät eri väriset yksityiskohdat.

Jokainen eri värinen alue saa oman pohjavärinsä, joka päätetään konsepti kuvien perusteella ja sitten valitaan mahdollisimman samankaltainen väri ennalta määrätystä väripaletista (Kuva 21.).



Kuva 40. Pohjavärikartat ja kalastusveneeseen 3D-malli tekstureilla. (Leskinen 2025)

Pohjavärit piirretään teksturointiohjelmassa omalle tasolle ja kaikki muut tasot tulevat omille tasoilleen pohjavärin päälle. Kutsunkin siksi alinta pohjaväri tasoa nimellä "Pohjaväri 1". Tason tavoitteina on saada koko malli väritettyä niin, että kaukaa katsottuna mallista voisi päätellä jo mikä se on. Väriytyksen ei tarvitse olla täysin virheetöntä siinä mielessä, että väri alueiden rajat saavat olla hieman

vapaalla kädellä piirretyn näköisiä. Osa käsinmaalattujen tekstuurien charmia on se, että kädenjälki saa hieman näkyä ja elää.

Tärkeintä on, että koko vene tulee täytettyä värillä niin ettei teksturoimattomia alueita jää jäljelle. Kun pohjavärit on piirretty tekstuuriin, voidaan siirtyä ääri-vojen ja yksityiskohtien piirtämiseen. Pohjaväreihin on myös helppo palata takaisin, jos niitä tarvitsee muuttaa tai tarkentaa, sillä ne ovat helposti muokattavissa omalla tasollaan.

4.5.2 Ääriviivat

Teksturoinnin seuraava vaihe on mustien ääriviivojen ja yksityiskohtien lisääminen 3D-malliin. Luodaan pohjaväritason päälle uusi taso "Ääriviivat". Ääriviivat on piirretty omalle tasolleen, jotta niitä on mahdollisimman helppo muokata ja kumittaa pois tarvittaessa. Tasojen määrän kasvaessa on hyvä tarkistaa aina ennen piirtämisen aloittamista, että oikea taso on valinnassa varmistuakseen, että työtä ei joudu myöhemmin kumittamaan pois, jos on vahingossa piirtänyt ns. väärälle tasolle.

Koska tavoitteenamme on saavuttaa mahdollisimman sarjakuvamainen ilme, aloitetaan piirtämällä kaikkiin kulmiin ääriviivat ja erottamalla värialueet toisistaan. Ääriviivoja piirtämällä objekteihin pystyy lisäämään valtavan määrän pieniä yksityiskohtia, joten kaikkea ei tarvitse mallintaa. Erilaisten tekstuurien materiaalin kokeilu on nopeaa, kun jäljitellään tekstuurien pintoja pelkkien ääriviivojen avulla. Halkeamat, kulumat, naulat, pintojen tekstuurit kuten puun pinnan kuviot, metalli paneelien saumat ja vaikka kokonaiset ilmastointikanavien aukot lisätään tekstuuriin prosessin tässä vaiheessa. Pelimoottorissa oleva lineart - shader piirtää osaan reunoista ja silhuettien ympäri ääriviivat (Kuva 20.), mutta silti kaikki alueet kannattaa käydä läpi ja lisätä ääriviivat mahdollisimman mooneen paikkaan parhaan lopputuloksen saavuttamiseksi.



Kuva 41. Ääriviivat. (Leskinen 2025)

Ääriviivoja piirrettäessä on otettava huomioon, että jos piirtää esimerkiksi 90 asteen kulmaan ääriviivat, on katsottava, että viiva näkyy myös kulman toiselta puolelta katsottaessa (Kuva 36.). Tämän takia teksturointiohjelmassa pitää olla mahdollisuus piirtää suoraan 3D-mallin pintaan, sillä tällaisten kulmien piirtäminen vain tekstuurikarttaan on hyvin vaikeaa.



Kuva 42. Reunan ääriiviiva näkyy eri kulmista (Leskinen 2025)

Kun reunojen ääriviivat ja pienet kulumat on piirretty, voidaan ääriiviiva tasolle lisätä hieman piirrettyjä varjoja. Varjoille voidaan luoda oma taso joko ääriviivojen päälle tai alle, jotta niiden kumittaminen tai muokkaaminen ei samalla muokkaa muita ääriviivoja. Varjojen piirtämiseen käytetään samaa sivellintä kuin ääriviivojen piirtämiseen mutta voi olla nopeampaa käyttää myös isompaa pohjavärien piirtämiseen käytettyä sivellintä täyttämään isompia alueita. Koska valaistus pelissämme vaihtelee paikasta riippuen varjojen ei tule olla kovin suuria tai huomattavia, mutta pyrimme tässä teksturointi vaiheessa enemmänkin jäljittelemään sitä, mitä ambient occlusion tekstuuri tekisi. Ambient occlusion on tekstuurikartta, joka normaalisti simuloi varjojen ja valon vuorovaikutusta lähekkäisillä alueilla parantaen syvyyden tunnetta. Varjot siis piirretään alueille, jotka ovat esimerkiksi erilaisten kielekkeiden alla, erilaiset aukot väritetään mustaksi ja erilaisten saumakohtien välissä. Lähinnä erilaisten reunojen alle piirretään hieman korostumpi musta viiva, jotta alue näyttäisi siltä, että se heittäisi varjon. Esimerkiksi veneen harmaan reunan alle on piirretty paksumpi musta viiva simuloimaan varjoa (Kuva 36.)

3D-mallin suhteellinen koko peli ympäristössä on tärkeä pitää mielessä ääri-vojoja piirtäessä. Siveltimen koko ja ääri-vojojen paksuus sekä yksityiskohtien jär-kevä määrä riippuvat siitä miten iso tai pieni objekti on pelissä. Pieniin objekteihin ei kannata pakata yksityiskohtia liikaa koska ne eivät näy ja suurissa objek-teissa täytyy käyttää pientä ääri-vojojen kokoa, jotta mustat viivat eivät näyttäisi liian paksuilta pelissä muiden 3D objektien vieressä. Teksturoidessa pitää muis-taa, että vene tulee olemaan lopullisessa muodossaan näytöllä melko pieni ja sitä katsotaan ylävistä, joten veneen alle jäävien asioiden tekstuureihin ei pidä käyttää liikaa aikaa koska pelaaja ei näe niitä.

3D-mallia on hyvä pyörittää ja katsoa eri suunnista piirtäessä sen varalta, että UV kartoissa tulee ilmi ongelmia tai kynän jälki piirtyy koko objektin läpi mallin väärälle puolelle ja vaatii kumittamista. Ääri-vojoja voi olla hyödyllistä tehdä useampi eri alueiden piirtämiseen, jotta vahingossa mallin läpi toiseen alueeseen piirtyneet viivat on helppo kumittaa pois ilman että joutuu kumittamaan toi-sen alueen ääri-vojoja pois.

Useiden pienempien esineiden kanssa tekstuuri voi tässä kohtaa jo olla valmis. Myös taustalle menevät pienemmät esineet tai kovin puhtaat ja uudet esineet eivät välttämättä vaadi enempää viimeistelyä. Isommat esineet kuitenkin yleensä hyötyvät vielä rasterikuvioinnista ja muista pienistä yksityiskohdista, jotta ne näyt-täisivät vielä sarjakuvaisemmilta pelissä.

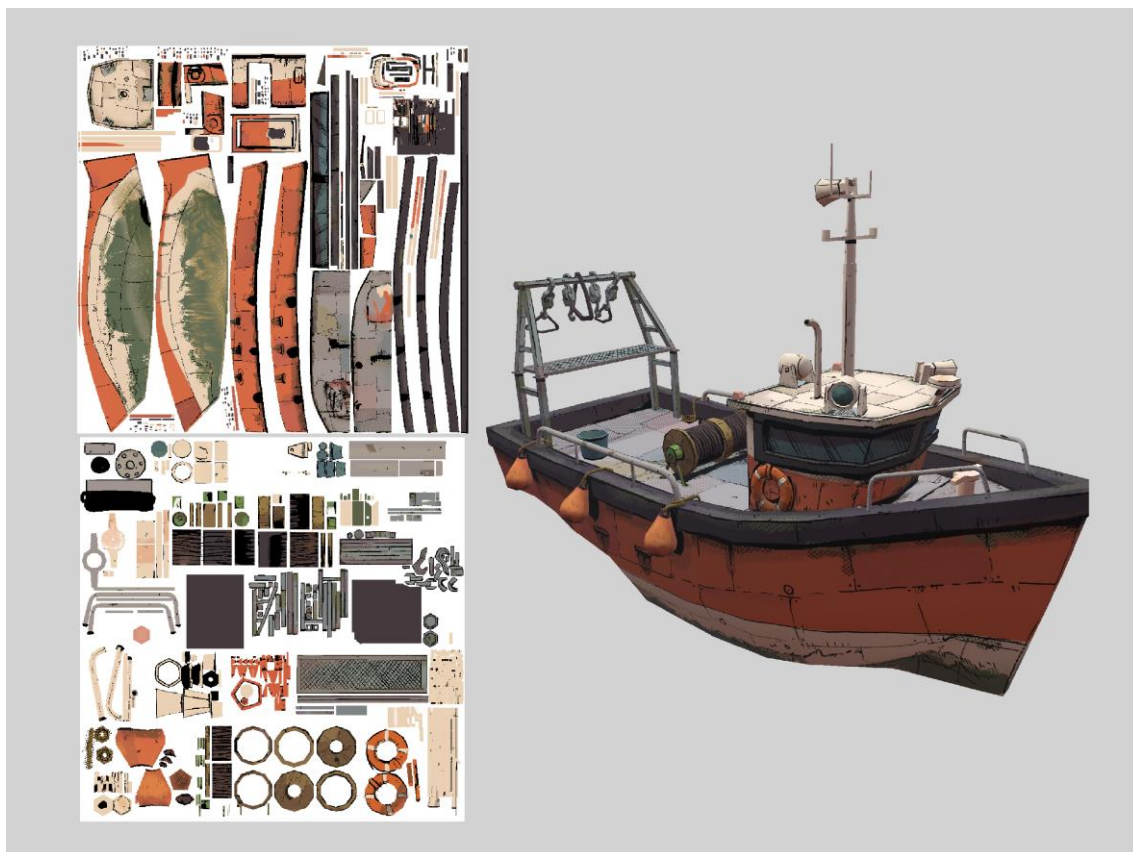
4.5.3 Rasterikuvio

Värien elävöittämisen viimeisenä silauksena voidaan käyttää erilaisia rasteri kuvioita ja muita teksturoituja siveltimiä. Tekstuurit luovat väreihin syvyyttä ja mielenkiintoisia väri vaihteluita ja värit eivät siten näytä niin yksitoikkosilta ja puh-tailta. Toteutin eri rasterikuvio siveltimillä veneen kannelle eri sävyvariaatioita ja lisäksi ruosteen ja levän värisiä läikkiä ympäriinsä tekemään veneestä vanhemman näköisen.



Kuva 43. Vene ylhäältä päin. (Leskinen 2025)

Rasterikuvioita kannattaa lisätä lähinnä suuriin ja keskisuuriin objekteihin, sillä kameran ollessa melko kaukana nämä yksityiskohtat eivät välttämättä näy pienemmissä esineissä. Rasterikuvioiden tarkoitus on olla pieni lisä, joka tuo tekstuuriin lisää mielenkiintoisia yksityiskohtia väriin ilman että se on liian räikeä tai sekoittuu ääri viivoihin. Rasterikuvioiden värit valitaan väripaletista ja ne tehdään omalle tasolle pohjaväri -tason päälle ja ääri viiva -tason alle. Kuten ääri viivojakin piirrettäessä, voi olla hyödyllistä pitää eri alueiden rasterikuviot aluksi omalla tasolla teksturoinnin helpottamiseksi.



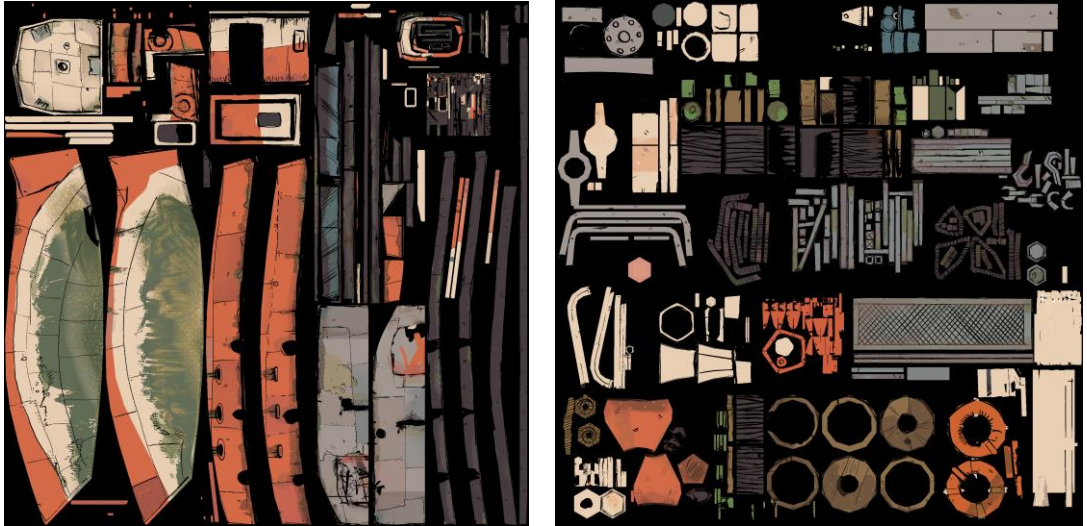
Kuva 44. Rasterikuvioitu vene ja sen tekstuurit. (Leskinen 2025)

4.5.4 Viimeistely

Viimeistelyvaiheessa tekstuurikarttojen taustojen väri kannattaa vaihtaa valkoisesta johonkin tummempaan väriin tai jatkaa tekstuurien värialueita UV saarien ulkopuolelle, jotta valkoiset alueet eivät tule pelimoottorissa näkyviin, kuten kuvassa 3. Muutin tekstuurikarttojen taustan värin mustaksi, jotta mahdollinen tekstuurien vuoto ei erottuisi ääri viivoista. Pelikenttä, johon vene lopulta tulee, on vielä kesken, joten minulla ei ole laittaa kuvaa valmiista kokonaisuudesta tähän lopuksi. Loin Blenderissä vastaavan ääri viivashaderin, jotta pystyn demonstroimaan miltä valmis vene lopulta näyttäisi ääri viivoineen isometrisestä kuvakulmasta.



Kuva 45. Valmis kalastusvene ääri viivashaderilla. (Leskinen 2025)



Kuva 46. Valmiit tekstuurit (Leskinen 2025)

5 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä Paradigm Island -pelin teksturointiprosessiin ja tarkastella tekstuurien luomiseen liittyviä vaiheita. Projektin aluksi tutustuttiin pelin visuaaliseen tyyliin, minkä jälkeen tavoitteena oli teksturoida 3D-malli kyseiseen tyyliin sopivaksi ja kuvata koko prosessi. Työn lopputuloksena syntyi Paradigm Island -pelin tyyliä mukaileva, käsinmaalattu kalastusvene.

Käsinmaalattujen tekstuurien tekeminen on työläs, mutta palkitseva prosessi, joka osaltaan loi Paradigm Islandin omaleimaisen visuaalisen ilmeen. Tulevia projekteja ajatellen vastaavanlaisen pelin teksturointi olisi ajankäytön kannalta tehokkaampaa toteuttaa ainakin osittain proseduraalisilla tekstuureilla, sillä erityisesti laajojen ympäristöjen käsinmaalaaminen on aikaa vievää.

Aion jatkossakin hyödyntää käsinmaalaamista teksturointimenetelmänä, ja olen kiinnostunut laajentamaan osaamistani kokeilemalla myös muita kuin sarjakuvamaisia tyyliä.

6 Lähteet

Adobe 2025a. 3D texturing solution with Adobe Substance 3D <https://www.adobe.com/products/substance3d/discover/3d-texturing.html> (luettu 19.04.2025)

Adobe 2025b. Kaikki mitä sinun tulee tietää fysiikkaperusteisesta renderöinnistä <https://www.adobe.com/fi/products/substance3d/discover/pbr.html> (luettu 19.04.2025)

Jones-Read, Jesse 2023. Learn Texturing and Become a Texture Artist <https://www.gamedesigning.org/learn/digital-texturing/> (luettu 19.04.2025)

Denham, Thomas 2025. Texture Maps: The Ultimate Guide For 3D Artists <https://conceptartempire.com/texture-maps/> (luettu 19.04.2025)

Tiigimägi, Siim 2025. 3D Texture Maps Fundamentals <https://3dstudio.co/3d-texture-mapping/> (luettu 19.04.2025)

Kuva 1. Tiigimägi, Siim 2025. 3D Texture Maps Fundamentals <https://3dstudio.co/3d-texture-mapping/> (luettu 19.04.2025)

Sanden, Henning, This Is UV Mapping Is Important <https://blog.flippednormals.com/this-is-why-uv-mapping-is-important/> (luettu 20.04.2025)

Autodesk 2025. UVs <https://help.autodesk.com/view/MAYAUL/2023/ENU/?guid=GUID-FDCD0C68-2496-4405-A785-3AA93E9A3B25> (luettu 20.04.2025)

Kuva 2. Sanden, Henning 2025. This Is UV Mapping Is Important <https://blog.flippednormals.com/this-is-why-uv-mapping-is-important/> (luettu 20.04.2025)

Kuva 3. ja Kuva 4. Leskinen, Tiina 2025. Tekstuurikartta.

Hogonext, Editorial team 2024. How To Avoid Common UV Mapping Mistakes and Achieve Perfect Textures <https://hogonext.com/how-to-avoid-common-uv-mapping-mistakes-and-achieve-perfect-textures/> (luettu 20.04.2025)

Eagle, Avenging 2021. A guide to texture optimization <https://forum.game-guru.com/thread/222504> (luettu 20.04.2025)

Kuva 5. Tegazoid, 2025. Why is Texture Optimization Crucial for Performance in 3D Game Environments? <https://www.tegazoid.com/post/why-is-texture-optimization-crucial-for-performance-in-3d-game-environments> (luettu 20.04.2025)

Kuva 6. Plarium, 2020. Pixel Padding and Bleeding Detection in 3D Modeling <https://company.plarium.com/en/articles/pixel-padding-and-bleeding-detection-in-3d-modeling/> (luettu 20.04.2024)

Kuva 7. Campbell, Lewis 2018. Texel Density <https://lewiscampbellnextgen.wordpress.com/2018/10/17/texel-density/> (luettu 20.04.2025)

Kuva 8. Ladosha, Aleksandr Full Male Body topology and UV map <https://www.artstation.com/marketplace/p/6lM1q/full-male-body-topology-and-uv-map> (luettu 20.04.2025)

Kuva 9. Steam 2025. Paradigm Island Kuvankaappaus. https://store.steampowered.com/app/2780990/Paradigm_Island/ (luettu 21.04.2025)

Toxigon, 2025. Mastering UV Mapping in 3D <https://toxigon.com/mastering-uv-mapping-in-3d> (luettu 23.04.2025)

Soma Games, 2025. Getting technical: best practices for UV Unwrapping <https://www.somagames.com/getting-technical-best-practices-for-uv-unwrapping/> (luettu 23.04.2025)

Baily, Joe 2024. Seams & Island: Blender UV Mapping <https://www.blender-basecamp.com/seams-islands-blender-uv-mapping/>

Polycount 2017. Edge Padding http://wiki.polycount.com/wiki/Edge_padding (luettu 23.04.2025)

Kuva 10. Leskinen, Tiina 2025. Lentokoneen 3D-malli ja tekstuurikartta.

Kuva 11. Leskinen, Tiina 2025. Pelastusveneeseen 3D-malli ja tekstuurikartta.

Disguise 2025. Projection Examples- Perspective mapping <https://help.disguise.one/workflows/3d-modelling/projection-examples/perspective-mapping> (luettu 23.04.2025)

Kuva 12. Leskinen, Tiina 2025. Kirkon 3D malli ja tekstuurikartta.

Kuva 13. Leskinen, Tiina 2025. Kirkko pelimoottorissa väärästä suunnasta.

Kuva 14. Leskinen, Tiina 2025. Limuautomaatti eri suunnista.

Kuva 15. Leskinen, Tiina 2025. Limuautomaatti peliympäristössä.

Kuva 16. Leskinen, Tiina 2025. Neljän 3D-mallin tekstuuriatlas.

Developer, Arm 2025. Texture atlasing <https://developer.arm.com/documentation/102696/0100/Texture-atlasing> (luettu 2025)

Kuva 17. IGBD 2025. Paradigm Island Press kit. Lounge alue Paradigm Island pelissä. <https://www.igdb.com/games/paradigm-island/presskit> (luettu 22.04.2025)

Koutsliis, Vasilis 2024. UDIMs – Working with high resolution Textures <https://rebusfarm.net/blog/udims-working-with-high-resolution-textures> (luettu 23.04.2025)

Kuva 18. Leskinen, Tiina 2025. Esineitä Loungesta.

Kuva 19. Leskinen Tiina 2025. Linnoituksen tekstuurit.

Canning, Ryan 2023. Seamless Textures for Architectural Rendering: Photoshop, SketchUp texture generator <https://www.archisoup.com/seamless-textures> (luettu 23.04.2025)

Kuva 20. Leskinen, Tiina 2025. Lounge -tilan saumattomat tekstuurit.

Kuva 21. Leskinen, Tiina 2025. Lounge –tila läheltä.

HogoNext 2024. How to Create seamless Textures <https://hogonext.com/how-to-create-seamless-textures/> (luettu 23.04.2025)

Toledo, Victor Manuel Campos 2023. Using Decals in Unity: Enhancing Realism and Detail <https://medium.com/@victormct/using-decals-in-unity-enhancing-realism-and-detail-0e925c7f95> (luettu 23.04.2023)

Kuva 22. Leskinen, Tiina 2025. Decaleita.

Bassel 2024. The importance of Color theory in game desing <https://gamesfandom.com/the-importance-of-color-theory-in-game-design/> (luettu 24.04.2025)

Kuva 23. CGames, 2023. Näytökaappaus Disco elysium pelistä. https://images.cgames.de/images/gsgp/287/disco-elysium-empfehlung_6137406.jpg

ZA/UM (2019) Disco Elysium [videopeli]. UK: ZA/UM.

Gosciny, R. ja Uderzo, A. (1959–). Asterix. France: Dargaud.

Hergé (1929–1986). Tintti. Belgium: Casterman.

Marston, W.M. ja Peter, H.G. (1941–). Wonder Woman. USA: DC Comics.

Morris (1946–). Lucky Luke. France: Dupuis.

Siegel, J. ja Shuster, J. (1938–). Superman. USA: DC Comics.

Riekkö, Oskar 2024. Paradigm Island Dev Blog <https://paradigmisland.blog/dev-blog/> (luettu 24.04.2025)

Kuva 24. Haley, Chris 2017. Stop! Your Life Depends on These Weird Silver Age Flash Panels <https://comicsalliance.com/weird-silver-age-flash-comics/> (luettu 24.04.2025)

Kuva 25. Leskinen, Tiina 2025. Ääriviiva shader.

Kuva 26. Heilala, Matilda 2023. Paradigm Island -väripaletti.

Kuva 27. Riekkö, Oskar 2023b. Rasterointi konsepti.

Kuva 28 Riekkö, Oskar 2024. Paradigm Island Dev Blog <https://paradigmisland.blog/dev-blog/> (luettu 24.04.2025)

Adobe (2025) Photoshop [verkkosivusto]. Saatavilla: <https://www.adobe.com/products/photoshop.html> [Viitattu 23.4.2025].

Adobe Substance (2025) Substance 3D Painter [verkkosivusto]. Saatavilla: <https://substance3d.adobe.com/documentation/spdoc/> [Viitattu 23.4.2025].

Pilgway (2025) 3D Coat [verkkosivusto]. Saatavilla: <https://3dcoat.com> [Viitattu 23.4.2025].

Savage Interactive (2025) Procreate [verkkosivusto]. Saatavilla: <https://procreate.com> [Viitattu 23.4.2025].

Kuva 29. Leskinen, Tiina 2025. Ääriviiva sivellin.

Kuva 30. Leskinen, Tiina 2025. Värituskynä

Kuva 31. Leskinen, Tiina 2025. Rasterikuvio kynät.

Kuva 32. Leskinen, Tiina 2025. Projektin moodboard.

Kuva 33. 3D-molier International 2023. New Cygnus GM28-38 Small Fishing Vessel 3D Model <https://free3d.com/3d-model/new-cygnus-gm28-38-small-fishing-vessel-7465.html> (viitattu 27.04.2025)

Kuva 34. Tyshchenko, Olena 2025. Kalastusvene 3D-malli

Kuva 35.- Kuva 46. Leskinen, Tiina. Kuvia veneen teksturointi prosessista.

7 Liitteet

Paradigm Island –Steam sivu. https://store.steampowered.com/app/2780990/Paradigm_Island/

