

Jarno Kananen

# Lian ja vahingon luominen PBR-materiaalien avulla



Tradenomi  
Tietojenkäsittely  
Syksy 2024



KAMK • University  
of Applied Sciences

## Tiivistelmä

**Tekijä:** Kananen Jarno

**Työn nimi:** Lian ja vahingon luominen PBR-materiaalien avulla.

**Tutkintonimike:** Tietojenkäsittely Tradenomi

**Asiasanat:** PBR, kartta, albedo/pohjaväri, lika, normaali, heijastavuus, karkeus, vahinko, ikäännyttäminen.

Opinnäytetyön aiheeksi valittiin, kuinka PBR-työnkulkua, siihen soveltuvia ohjelmistoja ja teksturointiteoriaa voitaisiin käyttää 3D-mallien lian ja vahingon luomisessa. Opinnäytetyö luotiin siis tarkoituksella jakaa tietoa lian ja vahingon luomisesta PBR-työnkulun avulla, koska välttämättä ei löydy tarkkaa tietoa sen teoriasta. Opinnäytetyö jaettiin kolmeen eri osaan: teksturointiteoriaan, 3D-mallien luomiseen ja mallien teksturointiin.

Ensimmäisessä osassa käsiteltiin erilaisia tekstuurikarttoja ja niiden tarkoituksia, 3D-mallinnuksen perusteita, mistä esimerkiksi mallit koostuvat, sekä lian ja vahingon teksturointiteoriaa siitä, miten ja mihin niitä voi käyttää.

Toisessa osassa käsiteltiin kahden 3D-mallin mallinnusprosessia Blender 3D-mallinnusohjelmiston avulla, ja minkälaisia sen sisäisiä muuttujia mallinnuksen aikana voi käyttää. Kahdeksi mallinnettavaksi ja teksturoitavaksi malliksi valittiin paloposti ja vanha autonrenkas, koska niiden historia ja ajankulku varmistaa monia mahdollisuuksia demonstroitavalle lialle ja vahingolle.

Kolmannessa osassa käsiteltiin palopostin ja renkaan tekstuurien luomista Adobe Substance Painter – teksturointiohjelmistolla. Siinä käytettiin ohjelman eri työkaluja, kuten smart-maskeja, sekä ensimmäisessä osassa läpikäytyä teksturointiteoriaa.

Valmiit 3D-mallit ja tekstuurit jäljittelevät oikeaa elämää, joten lopputuloksena on high-poly-mallit, jotka koostuvat suuresta määrästä tahkoja. Niistä on mukana myös yksityiskohtaiset tekstuurit, joidenka PBR-materiaalit auttavat niitä reagoimaan paremmin eri valaistuksiin.

Opinnäytetyön prosessien aikana teksturoinnin eri teoriaosuudet tulivat selvemmäksi, kuinka tietyt tekstuurikartat vaikuttavat sen omaaviin materiaaleihin ja kuinka PBR-materiaalit auttavat fotorealismien jäljittelemisessä. Lian ja vahingon luominen materiaaleihin vaati sen pohjalle tutkimusta, mutta lisäksi mielikuvitus ja päättelykyky auttoivat niiden yksityiskohtien luomisessa. Kun mallit ja tekstuurit saatiin valmiiksi, niitä on mahdollista käyttää luonnin syynä olevaan tarkoitukseensa.

## **Abstract**

**Author:** Kananen Jarno

**Title of the Publication:** Creation of damage and grunge with the help of PBR materials

**Degree Title:** Bachelor of Business Administration

**Keywords:** PBR, map, albedo, grunge, normal, reflectivity, roughness, damage, ageing.

The subject of the thesis was chosen to be about how the PBR workflow, suitable programs and texturing theory could be used to create grunge and damage to 3D models. So, the thesis was created with the purpose of sharing information about creating grunge and damage with the help of the PBR workflow, because there may not be accurate information about its theory. The thesis was divided into three parts: texturing theory, creation of 3D models and model texturing.

The first part was about handling different texture maps and their purposes, the basics of 3D modeling, for example, what are the models made of, as well as grunge and damage texturing theory of how and what they can be used for.

The second part was about handling the modeling process of two 3D models with the help 3D modeling software Blender and what modifiers inside of it can be used during modeling. The two models to be modeled and textured were chosen to be a fire hydrant and an old car tire because their history and timeline ensure many possibilities to the demonstrated grunge and damage.

The third part was about handling the creation of the fire hydrants and car tire textures with the Adobe Substance Painter texturing software using its various tools, such as smart masks, together with the first parts texturing theory.

The ready 3D models imitate real life, so the result is high poly models that are comprised of a high number of polygons and detailed textures which PBR materials helped them react better to different lighting conditions.

During the processes of the thesis, the different theory parts of texturing became clearer, how certain texture maps affect their different materials and how PBR materials help with the imitation of photorealism. The creation of grunge and damage required research as a base, but in addition to that imagination and the ability to reason helped with the creation of those details. As the models and textures were ready, they could be used for the purpose they were created for.

## Sisällys

1	Johdanto .....	1
2	3D-mallit .....	2
2.1	Mallien avaaminen .....	2
2.2	Teksturointi .....	3
3	Ohjelmisto .....	5
3.1	Adobe Substance 3D Painter .....	5
3.2	Blender .....	6
4	Mitä ovat PBR-materiaalit? .....	7
4.1	Energianmuuntaminen.....	7
4.2	Albedo .....	8
4.3	Ambient-occlusion.....	9
4.4	Korkeus- / normaalikartat .....	9
5	Miten lika ja vaurio vaikuttavat eri materiaaleihin?.....	11
5.1	Lika.....	11
5.2	Vahinko.....	13
6	3D-mallien luomisprosessi.....	14
6.1	Referenssin etsiminen .....	14
6.2	Mallintaminen .....	14
6.3	Valmiiden mallien avaus.....	20
7	Mallien teksturointiprosessi .....	23
7.1	Palopostin teksturointiprosessi .....	23
7.2	Renkaan teksturointiprosessi .....	30
7.3	Paloposti.....	40
7.4	Rengas .....	41
8	Yhteenveto .....	42
9	Lähteet.....	43

## **Symboliluettelo**

Muuttuja (Ohjelmiston sisällä oleva lisäys, joka muuttaa objektia tietyllä tavalla.)

Renderöinti (Menetelmä, joka määrittää tai luo virtuaalisen näkymän.)

Adaptiivisuus (Tapa, jolla smart-maskit tai tekstuurikartat reagoivat mallin geometriaan.)

Smart maski (Tekstuurimaski, joka reagoi mallin geometriaan.)

Low-poly (3D-mallinnustyyli, jossa mallin tahkoverkot koostuvat pienestä määrästä tahkoja.)

High-poly (3D-mallinnustyyli, jossa mallin tahkoverkot koostuvat suuresta määrästä tahkoja.)

## 1 Johdanto

Artisteilla on usein paljon vaihtoehtoja yksityiskohtien lisäämiseen riippuen siitä, mitä tyyllisuuntaa haetaan. Jos esimerkiksi haetaan fotorealismiin suuntaan PBR-työnkulkua käyttäen, artistin on mietittävä, mitä teksturoitava materiaali on ja mikä siihen on vaikuttanut.

Yksityiskohtien luominen, ja vielä tarkemmin vahingon ja lian lisääminen, voi olla pikkutarkka tarkkaavainen teksturointivaihe, koska sen avulla mallin saa näyttämään kiinnostavammalta ja myös mallin historiaa tulee mietittyä tarkemmin. Tämän takia se on henkilökohtaisesti kiinnostavin teksturointivaihe.

Lian ja vahingon luominen voi olla myös hankalaa, jos ei tiedä, miten ajatella teksturoitavan asian kontekstia ja materiaalia, mistä se koostuu. Välttämättä jopa netistä ei löydy kokonaista pakettia lian ja vahingon lisäämisestä malleihin, minkä takia tämän opinnäytetyön tavoitteena on jakaa tietoa lukijalle PBR-materiaalien, eli Physics-Based-Rendering-materiaalien mahdollisuuksista luoda likaa ja vahinkoa 3D-malleille, ja mitä ohjelmistoja ja metodeja PBR-työnkulussa mahdollisesti käytetään. Lian ja vahingon luomisen tiedonpuutteella voi olla suuri vaikutus teksturoidun mallin tuntumaan ja uskottavuuteen, minkä takia siitä on tärkeä kerätä tietoa, kuten muissakin luomisprosessin osa-alueista.

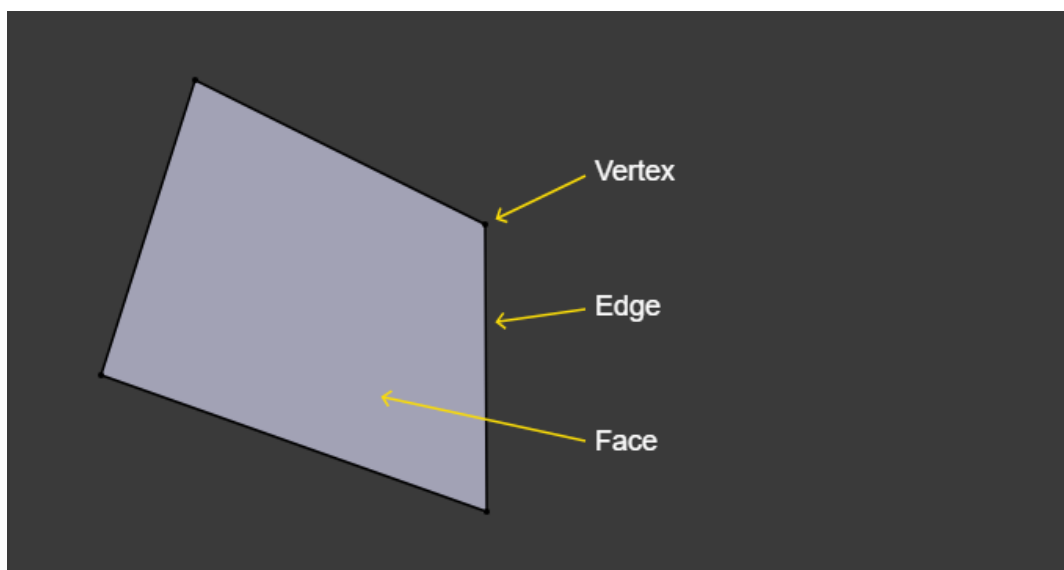
Opinnäytetyössä käydään läpi perusteoriaa teksturoinnista ja 3D-mallinnuksesta, myös mallinnusprosessia teksturoitavia 3D-malleja varten, sekä keskitytään mallien teksturointiin ja lian ja vahingon lisäämiseen käyttämällä apuna opittua teoriaa ja artistista vapautta. Eli tämä opinnäytetyö toimii lukijalle eräänlaisena oppaana materiaalien ikäännyttämisessä ja mallin kontekstin miettimisessä.

## 2 3D-mallit

3D-mallintamiseen kuuluu monia eri vaiheita ennen kuin prosessi voidaan luokitella valmiiksi. Nämä vaiheet alkavat mallin luomisesta 3D-mallinnusohjelmalla ja johtavat mallin tekstuuriin luomiseen siihen tarkoitettujen ohjelmiston avulla.

Riippuen suunnitellusta työnkulusta sama artisti ei ole välttämättä vastuussa kaikista vaiheista, mutta tällä ei saisi olla mitään vaikutusta lopputuotteen laatuun, vaan kaikilla on oltava yhteinen tavoite siitä, miltä lopputuloksen tulee näyttää. Mallien luominen aloitetaan yleensä 3D-mallinnusohjelmistoilla, tässä vaiheessa malli luodaan käyttäen mallinnusohjelman sisältämiä työkaluja, minkä jälkeen malli avataan teksturointia varten. 3D-mallit koostuvat polygoneista tai tahkoverkoista, mitkä voidaan jakaa kolmeen eri osaan: face eli tahko, joka on tasainen 2D-muoto, josta 3D-mallin pinta koostuu; edge eli reuna toimii tahkon rajoina ja esiintyy ohjelmistoissa viivoina ja vertex eli kärki toimii reunojen yhdisty tai leikkauskohtana [1].

Tahko, reunoja ja kärkiä esiintyy seuraavassa kuvassa 1.

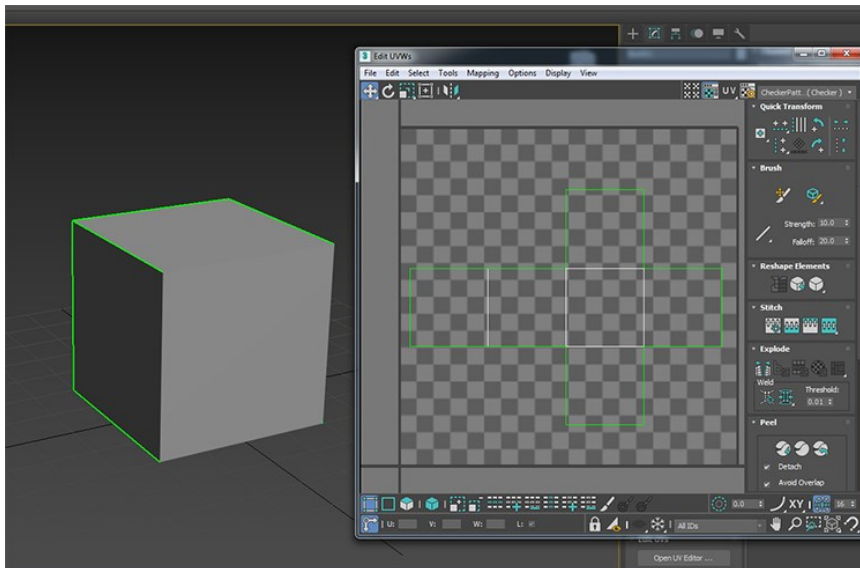


Kuva 1. Kuvassa erottuvat tahko, reunat, ja kärjet [2]

### 2.1 Mallien avaaminen

3D-mallien avaaminen eli unwrapping on yksi tärkein ja viimeisin mallintamiseen liittyvä vaihe ennen mallin tekstuuriin luomista. Se mahdollistaa tekstuuriin mukauttamisen optimaalisesti mallin

pintaan. Mallien avaaminen toimii, kun mallien reunat muutetaan ohjelmistojen sisällä saumoiksi, joiden avulla 3D-malli muutetaan kaksiulotteiseksi UV-kartaksi. Tätä voisi kuvitella kolmiulotteisen paperikuution avaamista leikkaamalla sen reunat auki. Koska X-, Y- ja Z-akseleita käytetään kolmiulotteisessa tilassa, UV-kartat saavat nimensä siitä, että U ja V tarkoittavat kaksiulotteista horisontaalista ja vertikaalista suuntaa [3]. Kuvassa 2 näkyy esimerkki UV-kartasta ja siitä, miten saumat asetellaan.



Kuva 2. UV-kartaksi avattu kuutio Autodesk 3DS Max -ohjelmistossa [3]

Mallien avaamisella ja UV-kartan luonnilla on myös toinen hyöty, mikä mahdollistaa adaptoitavien eli mallin geometrian mukaan soveltuvien muuttujien käytön pelimoottorien tai teksturointiohjelmistojen sisällä, kuten valaistuksen leipomisen tai smart-maskien käytön [3].

## 2.2 Tekstuointi

Tekstuurien luomiseen on monia eri mahdollisuuksia. Joko käytössä on itse teksturointiin tarkoitettava ohjelmisto tai 3D-ohjelmisto, jolla malli luotiin, voi tarjota myös teksturointityökaluja. Tekstuurien luonnin tarkoituksena on viimeistellä 3D-mallin ulkonäkö luomalla siihen täsmäivät materiaalit, jotka antavat sille värit ja muut yksityiskohdat, kuten naarmut, lika, läpinäkyvyys ja kiiltävyys.

Sanalla tekstuuri viitataan yleensä jonkin pinnan tuntumaan, eli onko esimerkiksi kosketettava pinta karkea vai sileä [4]. 3D-mallien teksturoinnissa tähdätään myös siihen, että teksturoitavan mallin pinnasta tulisi esille tämän ”tuntuuus”, vaikka siihen ei voi oikeasti koskea, joten yksityiskohtiin on panostettava ja niitä on sovitettava siihen tyyliin, mihin tähdätään. Koska tekstuurit koostuvat kaksiulotteisista kuvista, tekstuurien luonti on myös mahdollista kuvanmuokkaus- ja piirto-ohjelmistojen avulla, mutta tällöin on hyväksi käytettävä malliin perustuvaa UV-karttaa apuna eikä kuvanmuokkaus- tai piirto-ohjelmat välttämättä tarjoa soveltuvia tai helppokäyttöisiä työkaluja toisin kuin teksturointiin suunnitellut ohjelmat.

### 3 Ohjelmisto

Mallien ja materiaalien luomiseen tarvitaan niitä soveltavia ohjelmistoja, mitkä parhaiten sopivat artistin tarpeisiin ja työnkuvaan. Ohjelmistoja voi ajatella omina työkeskuksinaan, jotka on tarkoitettu tiettyyn tai moneen tarkoitukseen, esimerkiksi 3D-mallintamiseen tai teksturointiin. Niitä on monia, minkä ansiosta artistilla on paljon valinnanvaraa niiden suhteen.

Valitsemani ohjelmistot tähän työhön ovat Blender 3D-mallien luomiseen ja Adobe Substance 3D Painter mallien materiaalien luomiseen. Valitsin juuri nämä ohjelmat oman kokemukseni pohjalta, ja molemmat ohjelmistot ovat yleisesti käytettyjä peliteollisuudessa niiden monipuolisuuden ansiosta.

#### 3.1 Adobe Substance 3D Painter

Adoben Substance 3D Painter on teksturointiohjelma 3D-malleille. Se on erittäin hyödyllinen työkalu PBR-materiaalien kanssa työskentelyyn. Substance Paintterin monipuolisuudella saa aikaan yhtenäisen lopputuloksen siitä riippumatta, mihinkä pelimoottoriin tai tarkoitukseen sitä käytetään.

Monipuolisuuden lisäksi ohjelman adaptoitavuus mallien geometriaan antaa mahdollisuuksia nopealle sekä toistettavalle työnkululle, mutta ennen mallien siirtämistä tämä ohjelma vaatii, että artisti on oikeaoppisesti avannut mallinsa ensin. On myös mahdollista käyttää ohjelman tarjoamaa auto-unwrap-asetusta, joka automatisoi koko mallin avauksen, mutta tämä ei välttämättä anna parasta lopputulosta joka kerta [5]. Adobe Substance 3D Painterin selkeä ja monipuolinen käyttöliittymä helpottaa erilaisia työnkuluja.

### 3.2 Blender

Blender on ilmainen 3D-mallinnus ohjelmisto, joka sisältää kaikki 3D-työkulun vaiheet mallintamisesta teksturointiin ja teksturoinnista renderöintiin [6]. Se on yksi suosituimmista 3D-mallinnusohjelmista, koska se on helposti ulottuvilla, ja sen tarjoamat työkalut soveltuvat helposti erilaisiin 3D-tehtäviin.

Blenderillä on myös erittäin suuri yhteisö, joka on luonut monia maksullisia ja ilmaisia lisäosia muiden käyttöön Blenderin oman avoimen lähdekoodin avulla. Yhteisön luomat lisäosat eivät ole kuitenkaan pakollisia, mutta ne voivat helpottaa ja nopeuttaa tiettyjä 3D-mallinnuksen vaiheita.

Monet eri työkalut Blenderin sisällä voivat auttaa artistia luomaan ja muokkaamaan työtänsä monin eri tavoin. Mallintamisen lisäksi malleja voi muovailla saven tapaan sculpting-työkalulla, myös luoda luurankoja, joiden avulla voi animoida hahmoja ja esineitä, sekä luoda visuaalisia-erikoisefektejä ja editoida videoita. [7.] Blenderin sisällä itsessään on teksturointiekosysteemi ja voimakkaat renderöintimahdollisuudet. Jotkin artistit saattavat löytää ne mieluisaksi ulkoisten teksturointityökalujen sijasta.

## 4 Mitä ovat PBR-materiaalit?

Adoben artikkelissa luokitellaan PBR näin: “Fysiikkaperusteinen renderöinti (PBR) (toisinaan fysiikkaperusteinen varjostus eli PBS) on varjostus- ja näköistysmenetelmä, joka tuottaa entistä tarkemman esityksen valon vuorovaikutuksesta materiaalin ominaisuuksien kanssa.” [8.]

PBR-materiaaleja hyödynnetään monissa moderneissa peleissä, koska niiden erikoiset ominaisuudet voivat tuoda realismia esiin monella eri tapaa. Valaistus ja varjostus ovat yhdet tärkeimmistä vaikuttajista, jotka saa materiaalin näyttämään hyvältä, jos ne ovat asetettu oikein, mutta PBR-materiaaleille ne ovat vielä tärkeämmät [9]. Vaikka PBR-materiaalit eivät ole mikään uusi asia, modernin teknologian avulla tietyt ohjelmistot ja pelimoottorit pystyvät laskemaan valaistusta, varjostusta ja heijastuksia paljon tarkemmin, mikä saa mallin materiaalin näyttämään realistiselta.

PBR-materiaalit saattavat vaikuttaa niistä tietämättömälle graafikolle uudelta ja pelottavalta, mutta vanhaa osaamista ei kuitenkaan tarvitse heittää pois. Vanhat perusteet silti pätevät, vain tietyt vaiheet, terminologia sekä lopputulokset ovat muuttuneet, tietyllä tavalla vieläpä helpommaksi. Pääsääntöisesti PBR-materiaaleja käytetään fotorealististen eli oikeaa elämää kopioivien asettien luomiseen, koska niiden muokattavuus ja adaptiivisuus eri valaistuksiin helpottavat artistien työtä erittäin paljon, kun tavoitteena on seurata oikean elämän esimerkkejä.

PBR-materiaalit muodostuvat kuvatiedostoista, joita kutsutaan kartoiksi. Nämä kartat pitävät sisällään erilaista dataa väreistä ja muista muuttujista, jotka vaikuttavat materiaalin ulkonäköön, mutta ulkonäöltään kaikki eivät näytä samalta. Joidenkin muuttujien vaikutusta edustetaan harmaaväriskaala-kartalla eli valkoisesta mustaan ja välillä olevilla harmaansävyillä edustetaan kartan vaikuttavuutta materiaaliin. Nämä vaihtelevat ohjelmistojen välillä mutta valkoinen voi olla esimerkiksi nolla prosenttia karkeudesta ja musta sata prosenttia, eli muut sävyt ovat siltä väliltä.

### 4.1 Energianmuuntaminen

Marmosetin julkaisussa termi “Energia Conversatio” selitetään seuraavasti. “Energianmuuntamisen käsitteen mukaan esine ei voi heijastaa enemmän valoa kuin se vastaanottaa.” [9.] Siihen

vaikuttaa PBR-materiaalien muuttujista kaksi: Roughnes eli karkeus sekä Reflectivity eli heijastavuus. Nämä kaksi muuttujaa ovat erittäin tärkeitä fotorealismissa, koska ne auttavat PBR-materiaaleja toimimaan adaptiivisesti valaistuksen kanssa.

Karkeus vaikuttaa, miten vahvasti materiaali absorvoi eli imee valoa. Mitä sileämmäksi materiaali asetetaan, sitä enemmän se pystyy imemään valoa. Mitä kovemaksi materiaalin laittaa, sitä vähemmän valo leviää tekstuuriin pintaan. Heijastavuus nimensä mukaan vaikuttaa, miten voimakkaasti materiaali heijastaa valoa takaisin, jota pystytään hyödyntämään esimerkiksi metallien tai peilien tekemiseen. Joissain ohjelmistoissa heijastavuutta ohjataan metallic eli metallisuusmuuttujalla, joka ajaa saman asian materiaalien heijastuvuudesta, mutta vain eri nimellä.

Karkeutta ja heijastavuutta on mahdollista sekoittaa haluamaansa lopputulokseen, koska yleensä esineet ovat jonkinlainen sekoitus molempia, on myös hyvä pohtia tarkasti, miten valo oikeasti vaikuttaa materiaalin pintaan. Seuraavassa kuvassa 4 on esimerkkejä siitä, miten heijastavuus ja karkeus vaikuttavat materiaalin pintaan.



Kuva 4. Sama materiaali eri karkeus- ja heijastavuusasteilla [9]

## 4.2 Albedo

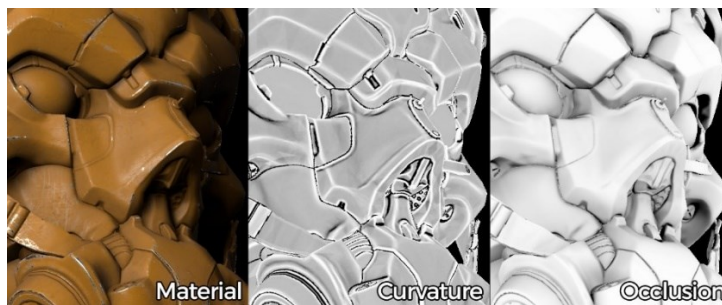
Albedo toimii materiaalien base-colorina eli pohjavärinä, joten se on vastuussa itse materiaalin väristä ja tunnetaan myös PBR:n ulkopuolella diffuusiokarttana. PBR-materiaaleissa albedolla on kuitenkin yksi eroavaisuus verrattavina diffuusiokarttoihin, joka on ambient-occlusion varjojen tai suoran valaistuksen puute, minkä takia esimerkiksi ambien-occlusion tarvitsee oman karttansa tekstuuria varten, kun kyseessä on PBR. Joskus albedo voi määrittää muitakin on materiaalin värin. Kun metallikartat ovat käytössä, albedo voi määrittää heijastaville tai ei-metallisille kartoille oman värinsä. [9.]

Yleisin muoto albedo-karttojen väreille on sRGB eli “Standardi RGB-väriavaruus”, jonka HP ja Microsoft loivat yhteistyössä vuonna 1996 käytettäväksi monitoreissa, tulostimissa ja maailman laajuisessa netissä.” [10].

#### 4.3 Ambient-occlusion

Ambient-occlusion toimii materiaalin itseluomana varjostuksena, joka on yleensä “leivottu” materiaaliin. Se mahdollistaa paremman sopeutumisen 3D-mallin pintaan. Adobe määrittelee artikkelissaan leipomisen. “Bakeing on prosessin nimi liittyen tietojen tallentamiseen 3D-tahkoverkkoon tekstuuritiedostoksi (bittikartta).” [11].

Ambient-occlusionin tehtävä on määrittää, miten voimakkaasti ympäristön valaistus ja materiaalin omat tekstuurit vaikuttavat materiaalin pintaan, tietyissä ohjelmissa ambient-light-kartta moninkertaistaa ambient-occlusion -kartan, ja monissa ohjelmistoissa ambient-occlusion voi toimia joko omana karttanaan, leivottuna toiseen karttaan, tai molempina [9]. Seuraavassa kuvassa 5 demonstroidaan, miltä eri leivotut kartat mukaan lukien ambient-occlusion näyttävät.



Kuva 5. 3D näkymässä oleva karttojen erottelu. [11]

#### 4.4 Korkeus- / normaalikartat

Normaalikartta ja korkeuskartat antavat artistin materiaaleille syvyyden illuusion, ne eivät tee varsinaista 3D-muotoa materiaaliin. Ne kuitenkin pitävät sisällään tietoa, jonka avulla ohjelmisto tietää, kuinka laskea materiaalin pinnalla olevaa syvyyttä tai korkeutta ja kuinka valaistus vaikuttaa niihin kohtiin.

Normaalikartat ja korkeuskartat eroavat kuitenkin lievästi toisistaan, normaalikartat pitävät sisälleen tietoa siitä, miten valaistus vaikuttaa materiaalin pintaan, sillä välin kuin korkeuskartat vaikuttavat vain pinnan korkeuteen. Molempia normaali sekä korkeuskarttoja voi jopa käyttää yhdessä, mikä voi tilanteen mukaan parantaa syvyyden ja korkeuden illuusiota materiaalin pinnassa. [12.]

Normaalikartoilla ja korkeuskartoilla on yhteisiä puolia, molemmat vaikuttavat jollakin tavalla materiaalin geometriaan. Sillä välin, kun korkeus vaikuttaa geometrian valon imemiskykyyn, normaali vaikuttaa geometrian syvyyteen ja korkeuteen. Normaalikartat ovat erittäin käytännöllisiä silloin, kun materiaalin pintaan koitetaan luoda pientä yksityiskohtaa. Niitä olisi muuten turhauttavaa luoda itse mallin pintaan, kuten pieniä rakoja, koloja, naarmuja, kolhuja tai maalikohoumia.

## 5 Miten lika ja vaurio vaikuttavat eri materiaaleihin?

Materiaalit voivat mahdollisesti vaikuttaa tylsiltä, mikäli ne näyttävät upouusilta, ellei tämä sitten ole artistin haluama lopputulos. Jos tarkoituksena on matkia oikeaa elämää, tulee muistaa, että oikeassa elämässä orgaaniset sekä epäorgaaniset esineet kuluvat ja likaantuvat.

Likaantuminen ja kuluminen tuo uskottavuutta 3D-mallien materiaaleihin, koska tietyt materiaalit ja esineet kuluvat niiden omalla tavalla riippuen niiden käytöstä. Tämän takia on hyvä miettiä tarkasti teksturoitavan mallin "tarinaa", miten aika ja sen käyttö on vaikuttanut siihen.

Eri materiaalien tutkiminen ennen teksturointia on myös tärkeä vaihe, jonka avulla artisti tietää tarkalleen sen lopputuloksen, jonka tahtoo. Kyse voi esimerkiksi olla, millä tavalla vanha paloposti näyttää ikänsä, minkälaisia naarmuja ja kolhuja sillä on, tai onko se alkanut pikkuhiljaa ruostumaan.

### 5.1 Lika

Adobe määrittelee julkaisussaan likakartan. "Likakartan avulla voit muuttaa materiaalisi ulkoasua, lähinnä lisäämällä siihen pölyä ja halkeamia." [13.] Likakartat ovat loistava tapa artistille lisätä mutaa, pölyä tai muuta epäkohtia materiaaliinsa, mikä lisää uskottavuutta. Mutta likakartat toimivat erinomaisesti myös muiden muuttujien kanssa.

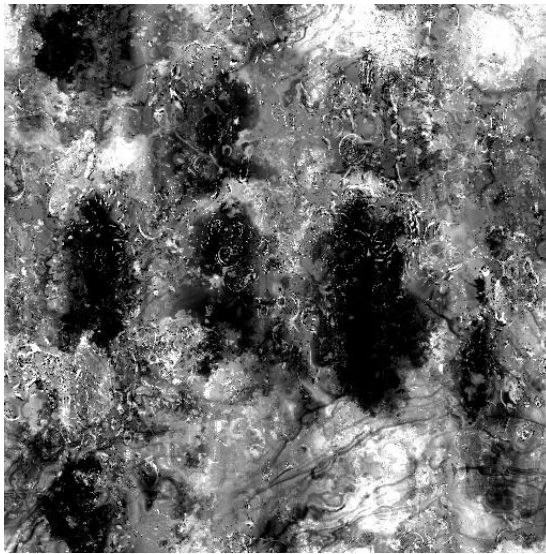
Artisti voisi esimerkiksi käyttää likakarttaa karkeuden yhteydessä, minkä avulla materiaalin pinta ei ole tasaisesti samaa karkeutta, vaan se vaihtelee likakartan mukaan. Artisti voi myös hyväksikäyttää likakarttoja ulottuvuuden lisäämiseen yhdistämällä niitä normaali- tai korkeuskarttojen kanssa, tätä menetelmää voi käyttää lian lisäämiseen, joka on ajan saatossa lisääntynyt materiaalin päälle tai käytön takia ilmaantuneita kolhuja ja naarmuja [14].

Samuel Sullins on 3D-artisti, joka pitää kursseja Blender-ohjelman käytöstä. Hänellä on myös artikkeli, joka jakaa lian neljään selkeään eri osaan.

1. Pohja-lika: tämä likakerros estää materiaalia näyttämästä liian puhtaalta, on myös huomioitava, että tämän kerroksen on oltava erittäin kevyt ja satunnainen, että sen muodot eivät näytä toistuvilta, koska oikea elämä on täynnä satunnaisuuksia. [15.]

2. Tarkka-lika: lisätään paikkoihin, joihin normaalisti kerääntyy likaa. Samuel Sullins käyttää tähän esimerkkinä kulumisjälkiä kohdissa, jotka ovat hanganneet toisiinsa tai polttojälkiä pakoputken suunreunoilla. Lisäksi artistin olisi suositeltavaa käyttää tämän efektin luomiseen kuvatekstuuria, sillä se vaatii tietynlaisen lopputuloksen. [15.]
3. Rako-lika: on koloihin ja rakoihin ajan myötä kerääntyvää likaa, tämän lian luomiseen on hyvä käyttää ambient-occlusion-maskia apuna, minkä seurauksena lika menee jopa tiukempiin rakoihin, mutta tämän efektin kanssa pitää olla säästeliäs, sillä siitä voi tulla vahingossa liian voimakas. [15.]
4. Pölykerros: esittää pölyä tai muuta likaa, joka kerääntyy ajan kuluessa esineen ylöspäin osoittavan pinnan päälle. Tämän efektin jäljen pitäisi olla satunnainen samalla tavalla kuin pohjalika, että se ei näyttäisi epäaidolta. [15].

Likakartat voivat olla valmiiksi tehtyjä tai sitten ohjelmistojen tarjoamia versiota, joita voi itse muokata. Se takaa monia eri lopputuloksia artistin omiin tarpeisiin. Seuraavassa kuvassa 6, on esimerkki likakartasta.



Kuva 6. Kuva esimerkkilikakartasta [13]

## 5.2 Vahinko

Toinen asia, joka artistin tulisi pitää mielessä teksturoinnin aikana on vahinko, mikä kertyy materiaaliin ajansaotossa tai sen käytössä. Ensin tärkeintä olisi selvittää, minkälainen materiaali on kyseessä, onko se puuta, metallia vai muovia? Seuraavaksi tulisi tehdä tutkimusta siitä, miten se materiaali kuluu siinä kontekstissa, mihin artisti sitä on luomassa ja koittaa miettiä, miten se materiaali on joutunut siihen pisteeseen. Onko kyseessä siis kulutus maalipintaan, joka tulee pintojen hankaamisesta, vai kolhut mitkä tulevat esineen aktiivisesta käytöstä? Seuraavaksi artistin tulisi etsiä referenssiä mallintamastaan esineestä, minkä avulla hän voisi luoda mahdollisen tarkan lopputuloksen, joka seuraa esineen oikean elämän käyttöä. Viimeiseksi pitää valita sopivat työkalut vahingon luomiseen, esimerkiksi jos tarkoituksena on luoda kolhuja tai kulumista maalipintaan, siihen tarvitaan syvyyttä ja satunnaisuutta tietyllä alueella. Tähän on hyvä käyttää likakarttoja, jotka luovat materiaalin pintaan vahingon jäljen.

Lisää syvyyttä varten likakartan lisäksi voidaan luoda normaalikartta, koska sillä voi luoda realistisempaa lopputulosta siitä, miten materiaali on saanut osua syventämällä vahingon kohtia. Toinen vaihtoehto vahingon luomiselle riippuen suunnitellusta materiaalista on reunojen kuluminen, mikä lisää tarkasti kulumista esineen reunojen ja taiteiden pintaan, mutta tämä muuttuja ei ole helpoin käytön kannalta, vaan on suositeltavaa, että sen kanssa kokeilee ensin eri asetuksia [16]. Reunojen kuluminen muuttujana on joko tahkoverkko tai maskipohjainen generaattori eli se prosessoi leivottua dataa 3D-mallista, mikä auttaa erittäin paljon automaation ja toistettavuuden kannalta [17].

## 6 3D-mallien luomisprosessi

Demonstrointia varten valitut mallinettavat ja teksturoitavat esineet ovat paloposti ja auton rengas. Nämä kaksi esinettä tulevat edustamaan kulumista ja likaantumista, mutta ensin ne pitää mallintaa Blenderin avulla.

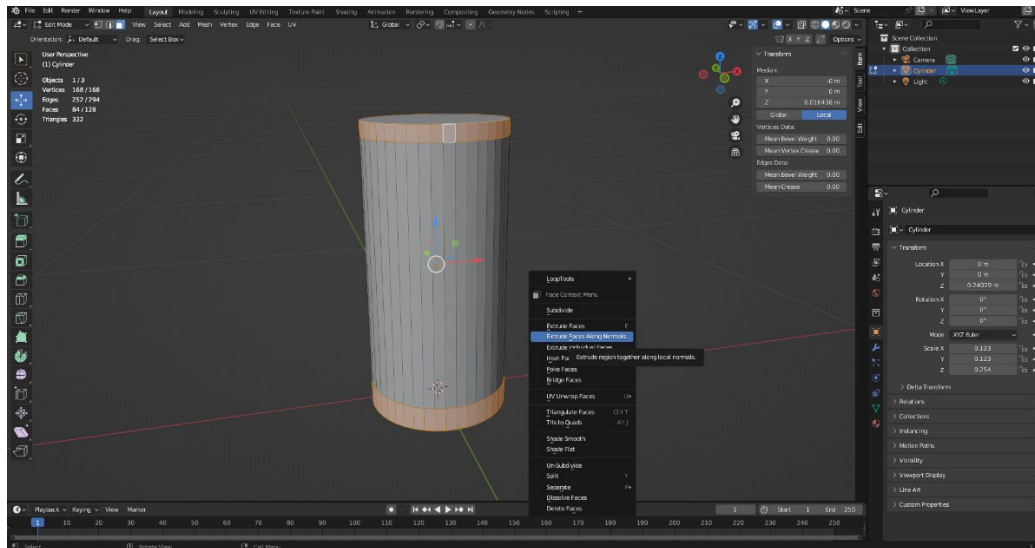
### 6.1 Referenssin etsiminen

Referenssin tarkoitus on auttaa artistia keskittymään tietynlaiseen visuaaliseen tyyliin tai antamaan suuntaa tiettyyn lopputulokseen, esimerkiksi mallinettavan mallin muotoon. Mallikuvien etsiminen on tärkeää, kun tarkoituksena on mallintaa ja teksturoida fotorealistisia esineitä, joilla on erilaisia käyttötarkoituksia ja mahdollisuuksia likaantua ja vahingoittua. Tarkemmin eri liian ja vahingon vaiheiden tutkiminen voi selkeyttää niiden vaikutusta mallin ulkonäköön. Referenssi- tai mallikuvien käyttäminen voi auttaa, kun tahdotaan päästä tiettyyn lopputulokseen, jota olisi vaikea artistin itse keksiä. Mallimahdollisuuksia löytyy luonnosta niin kuin myös internetistä.

### 6.2 Mallintaminen

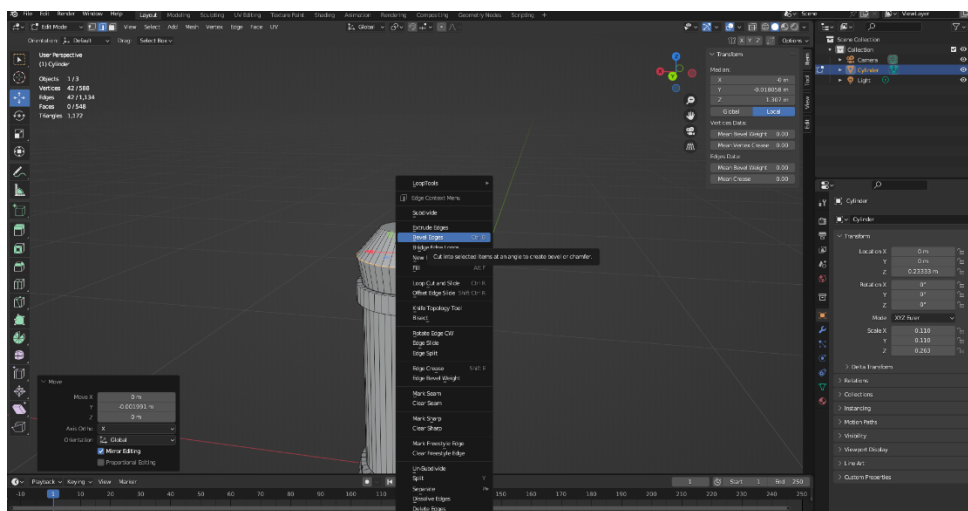
Mallintaminen aloitetaan luomalla perusmuoto, jota voidaan muokata oman päämäärän mukaan käyttäen apuna mallikuvia käyttäen myös omaa mielikuvitusta. Blenderin sisällä malleja voi muokata tarkemmin vaihtamalla ohjelmiston editointitilaan, jolloin tahkoja, kärkiä ja reunoja on mahdollista muokata haluamillaan tavoilla.

Paloposti koostuu enimmäkseen sylintereistä, joissa on eroavuuksia, kuten korotettuja pintoja, joita pystyy luomaan Blenderin extrude- eli ulostyöntö- ja loopcut-työkalulla. Se luo leikkausreunat mallin pintaan, mikä toimii myös sisäänpäin, jolloin voi luoda rakoja ja reunoja, jotka luovat illuusion, että yksi sylinteri on kaksi eri osaa. Kuvassa 7 demonstroidaan ulostuonnin ja loopcutin käyttöä.



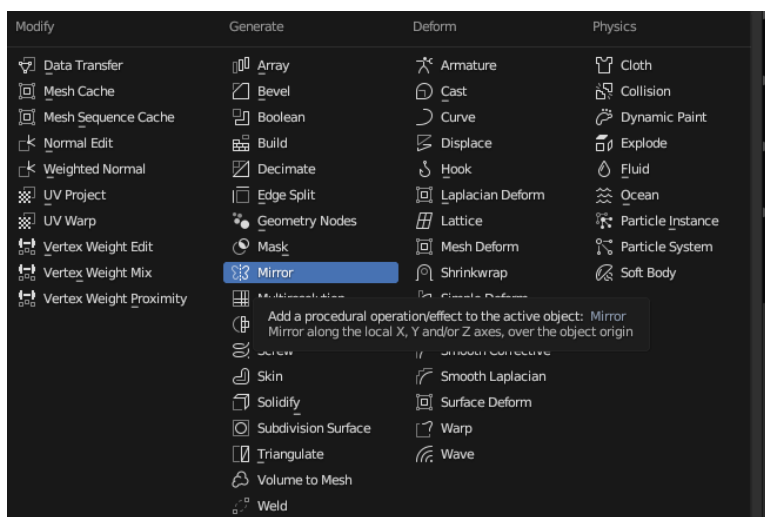
Kuva 7. Ulostuonnin lisäys valikon avulla.

Myös teräviä pintoja voi pehmentää käyttämällä bevel-toimintoa kuvan 8 esittämällä tavalla, joka luo lisää kaarevia tahkoja ja reunoja reunan kohdalle.



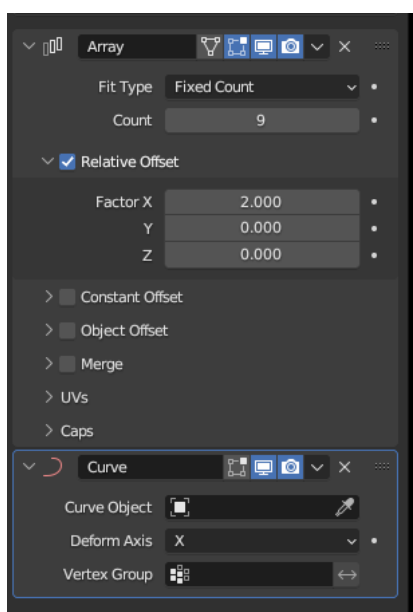
Kuva 8. Bevelin lisäys valikon avulla.

Jos jokin muoto pitää kopioida symmetrisesti, kuvassa 9 esiteltävä mirror- eli peili-muuttuja auttaa sen kanssa, näin palopostin sivuventtiili voidaan kopioida ilman, että se pitäisi astella manuaalisesti oikealle kohdalle.



Kuva 9. Mirror-muuttuja Blenderin muuttujavalikossa.

Palopostiin kuuluu myös pultteja, jotka luodaan pienillä kuusikulmaisilla sylinterimuodoilla, jotka muistuttavat pultinpäitä. Sylinterit voidaan asettaa yksitellen venttiilien kohdille, mutta koska loput pultit ovat tarkassa ympyrämuodostelmassa, niiden asetteluun käytetään array- ja kurvi-muuttujia. Arrayn avulla, yksi muoto voidaan muuttaa moneksi kopioksi ja kurvin avulla kopiot voidaan asettaa tiettyyn muotoon luomalla uusi ympyrämuoto ja asettamalla kurvi-muuntajasta kurviesine vasta luoduksi ympyrämuodoksi, kuvan 10 esittämällä asetuksilla.



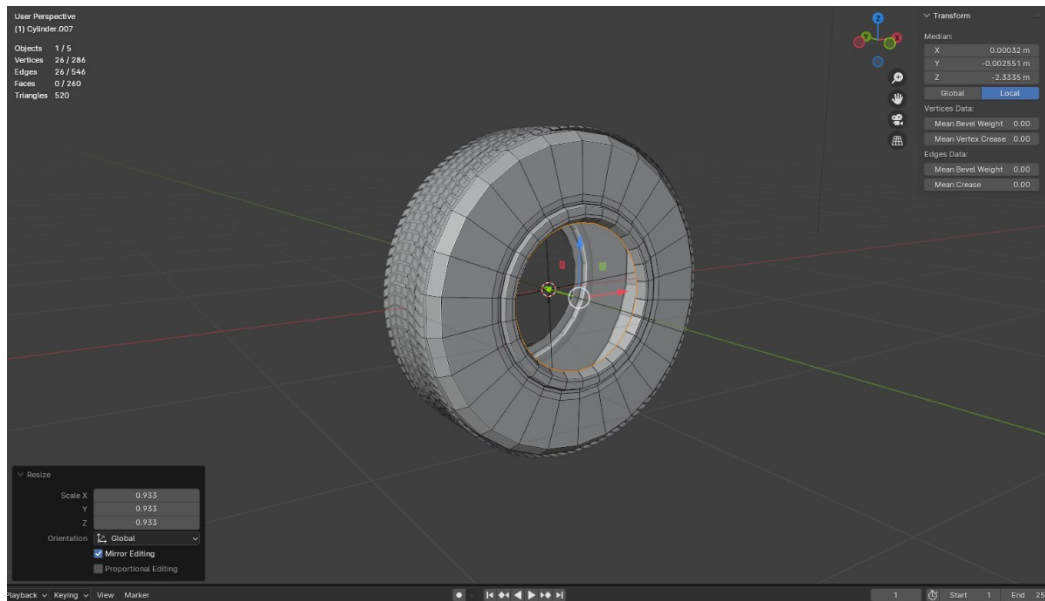
Kuva 10. Array ja kurvi muuttujat valittuna.

Muuttujien käytön jälkeen ylimääräiset ympyrämuodot voidaan poistaa, koska niille ei ole enää mitään käyttöä. Seuraavaksi malliin lisätään subdivision-surface-muuntaja, joka lisää malliin uusia tahkoja ja pehmentää teräviä reunoja. Koska tiettyjen reunojen tarvitsee olla teräviä, niihin käytetään mean crease - ja mean bevel-weight - asetuksen muuttamista valitsemalla haluamansa reunoja ja muuttamalla terävyyttä haluamansa vahvuisiksi. Seuraavassa kuvassa 11, on viimeistelty 3D-malli palopostista.



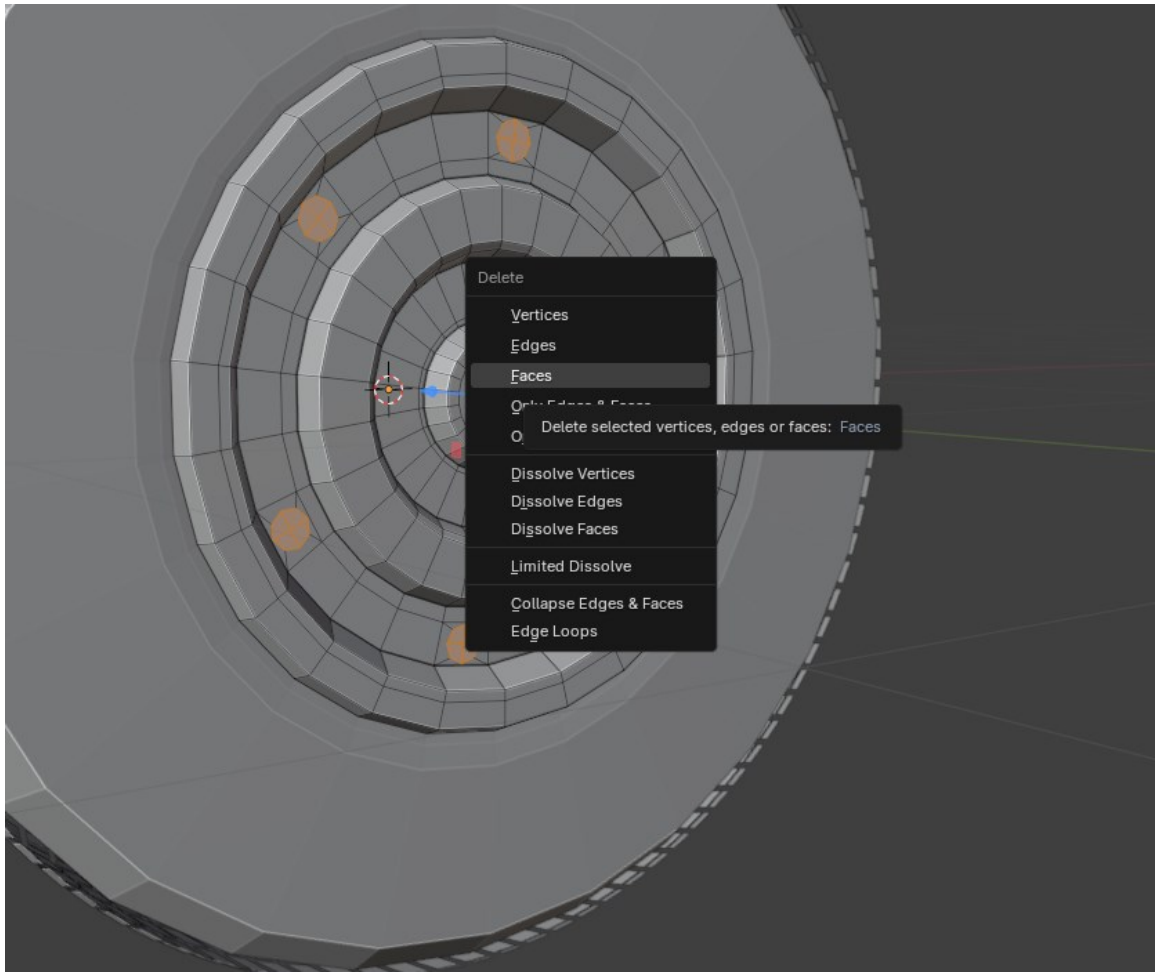
Kuva 11. Valmis paloposti 3D-malli.

Renkaan voi ajatella koostuvan kahdesta eri osasta, eli kumista sekä vanteesta. Kumi voidaan tehdä luomalla sylinteri, jonka päädyt poistetaan ja ulos tuodaan manuaalisesti renkaan muotoon. Renkaan urat voidaan tehdä nopeasti käyttämällä tasoja, joista luodaan uran kuvio ja shrink-wrap-muuttujaa, joka kiinnittää haluamansa mallin toisen mallin pintaan, sekä array-muuttujaa uran muodon kopiointia varten. Mirror-muuttujalla uran kuviointi saadaan peilattua tasaisesti renkaan toiselle puolelle, kuvan 14 demonstroimalla tavalla.



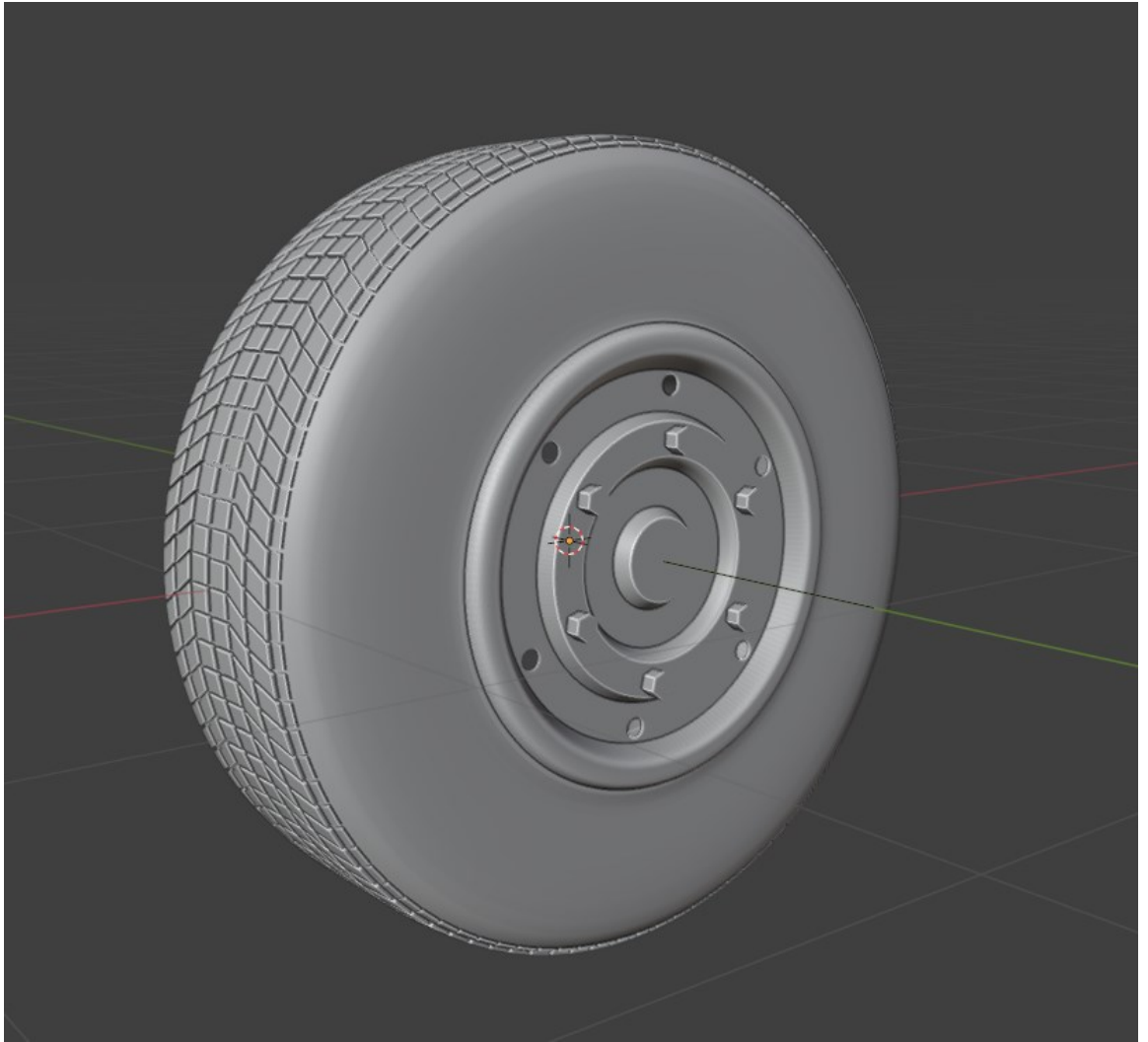
Kuva 14. Renkaan kumin ensimmäinen versio.

Vanteen luomisen voi aloittaa siitä, mihin renkaan reuna jää ulostuomalla tahkoja vanteen muotoon ja myöhemmin sen voi erottaa renkaasta manuaalisesti omaksi osakseen. Kuten kuva 15 näyttää, vanteeseen voidaan luoda pölykapselin reiät käyttämällä inset-toimintoa, joka luo pienemmän tahkon alkuperäisen sisälle sekä Blenderin sisältämää LoopTools-lisäosaa, minkä avulla sisätahkot voidaan muuttaa pyöreiksi ja lopulta poistaa.



Kuva 15. Pölykapselin tahkojen poisto reikiä varten.

Lopuksi vanteen muoto viimeistellään ja siihen sekä renkaan uriin lisätään solidify-muuttuja, jonka avulla niistä saadaan kolmiulotteiset muodot. Tarvittavat renkaan osat eli renkaan kumi ja vanteet saavat subsivision-surface-muuttujan ja niiden terävät sivut muutetaan sileiksi käyttäen shade smooth- ja shade auto smooth - toimintoja. Viimeiseksi valmiiseen renkaaseen lisätään pölykapselin pultit kuvan 16 esittämällä tavalla käyttäen vähäsivuista sylinteriä ja samaa array- ja kurvi-metodia kuin palopostin kanssa.



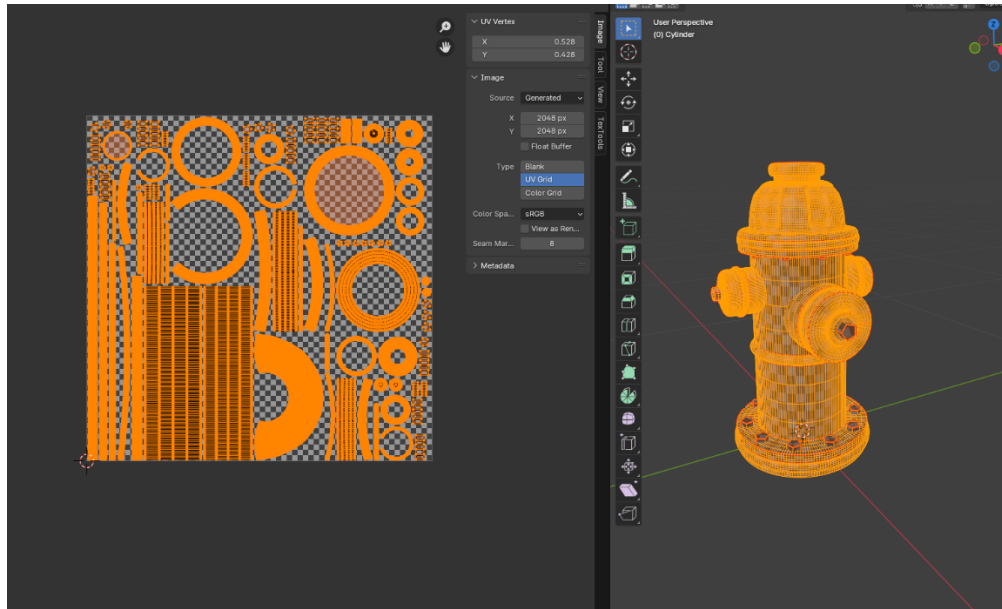
Kuva 16. Valmis rengas 3D-malli

### 6.3 Valmiiden mallien avaus

Kun mailit ovat valmiit, ne tarvitsevat avauksen teksturointia varten, mikä pystytään hoitamaan Blenderin omilla tarjoamilla työkaluilla. Blenderin avaustyökalut ovat hyödylliset, mutta lisäavustuksena käytin myös TexTools- ja UV-packer-lisäosia, jotka ovat luoneet Blenderin oma käyttäjäyhteisö.

Textools auttaa UV-karttojen muokkaamisessa ja mukauttamisessa, se on myös hyödyllinen tiettyjen UV-karttojen suoristamiseen [18]. Sillä välin UV-Packer auttaa UV-karttojen pakkaamisessa tiiviimpään tai optimaalisempaan kokoon [19].

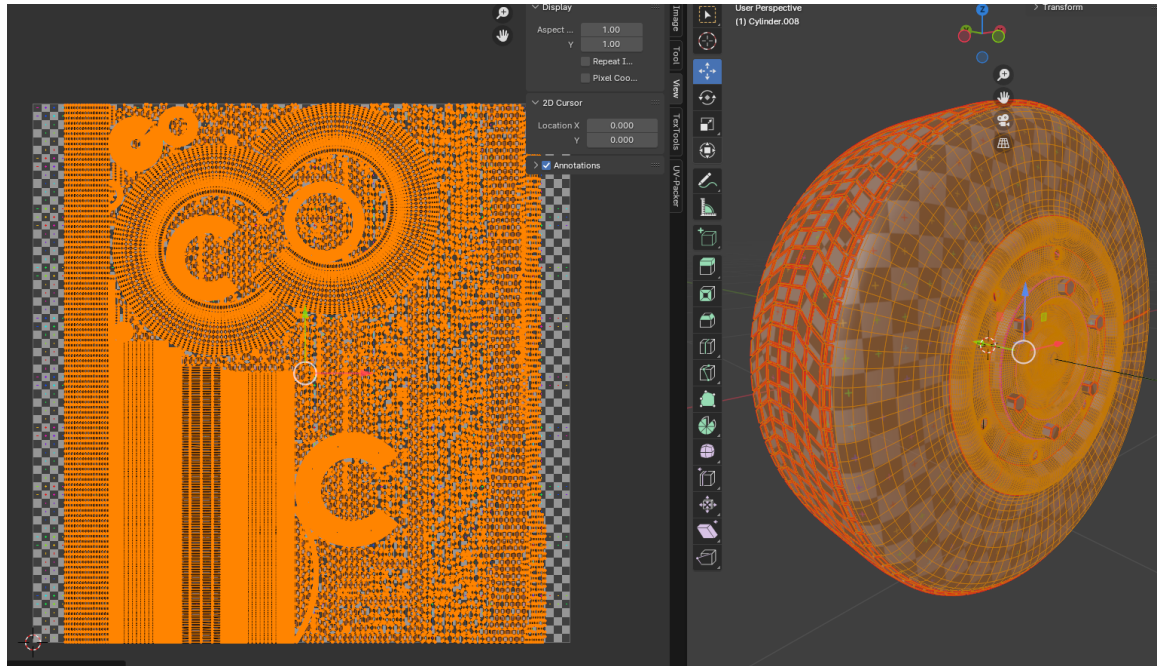
Palopostin avaamisessa tulee ottaa huomioon mallin sylinterimäiset muodot sekä ulostuotujen pintojen reunat. Sylinteristä avataan päädyt, ja pystysuuntaan menevä reuna, joka avaa sylinterin auki, sekä tarvittaessa ulostuontien reunat. Kuvassa 17 näkyy valmiiksi avattu paloposti, ja sen UV-kartta.



Kuva 17. Avattu palopostimalli ja sen UV-kartta Blenderin UV-editointinäkyvässä.

Rengastakin voi ajatella suurimmaksi osaksi sylinterinä, joten vanteen päädyt, halkaisija ja ulostuonnit avataan. Myös vanteeseen tehtyjen reikien reunat ja niiden halkaisijat vaativat avaamista, koska muuten reunojen viereiselle pinnalle saattaa muodostua tekstuuriyvenymistä pinnan geometrian takia.

Renkaan kumi on sylinterimäinen donitsimuoto, missä on reikä keskellä, eli torus muoto. Siitä voidaan avata molemmat päädyt ja sekä halkaista muoto vaakasuuntaan kahtia, mikä auttaa sen UV-kartan suoristamisessa. Koska renkaan urat muodostuvat tässä tapauksessa eri muuttujien avulla, niiden avaaminen onnistuu parhaiten ennen kuin muuttujat asetetaan, koska tällöin avatut pinnat siirtyvät myös seuraavan kuvan 18 tavoin sen kopioille.



Kuva 18. Avattu rengasmalli ja sen UV-kartta Blenderin UV-editointinäkyvässä.

Avattujen UV-karttojen muotoa voi tarkkailla Blenderin omalla tai TexToolssin tarjoamalla shakkiviolla, mikä auttaa tunnistamaan mahdollisia epäkohtia mallin avauksessa, esimerkiksi epämuodostumia, kuten venymistä tai kooltaan vaihtelevia tekstuureja, mitkä voivat johtua joko huonosti asetetuista avaussamoista tai oudon muotoisista UV-kartoista.

## 7 Mallien teksturointiprosessi

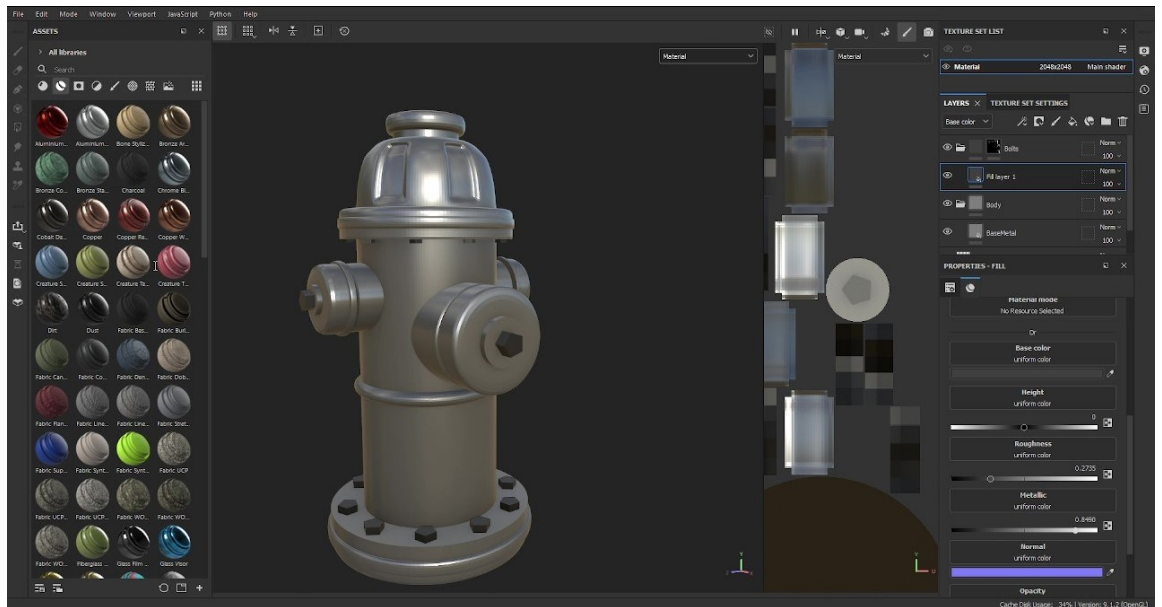
Kun mallit ovat valmiit ja avatut, ne viedään Adobe Substance Painteriin teksturointia varten, mutta ensin vietyyn malliin tulee leipoa eri 3D-geometriaan mukautuvat kartat. Ne tulevat auttamaan asioiden, kuten smart-materiaalien- ja maskien käytössä.

Substance Painter tarjoaa oletusasetuksena seitsemää eri leivottavaa karttaa, kaikkien niiden leipomisesti ei ole mitään haittaa, mutta niistä kartoista pitää valita vain: normal, world space normal, ambient occlusion, curvature, position ja thickness.

World Space Normal osaa määrittää mallin pintojen suunnan, eli mikä pinta osoittaa ylöspäin ja mikä alaspäin. Curvature on tietoinen mallien reunoista ja raoista. Position generoi tekstuurin, mikä pitää sisällään mallin eri pisteiden suunnan, eli mikä on mallin ylä- ja alaosa, ja mitkä ovat mallin sivut. Thickness on vastuussa materiaalin pinnan paksuudesta. Normal- ja ambient-occlusion-kartat on käyty jo läpi aikaisemmin, mutta kertauksena normal on vastuussa mallin pinnan kulmasta, ja kuinka valaistus vaikuttaa siihen, ja ambient-occlusion on vastuussa omasta varjostuksesta. [20.] Mallien leipomisessa on myös tärkeä pitää mielessä, että kaikki asetukset eri leipomiskartoissa eivät välttämättä toimi samalla tavalla toisten mallien kanssa, jonka takia tulee itse testata, mitkä asetukset ovat juuri sopivat tietyille malleille.

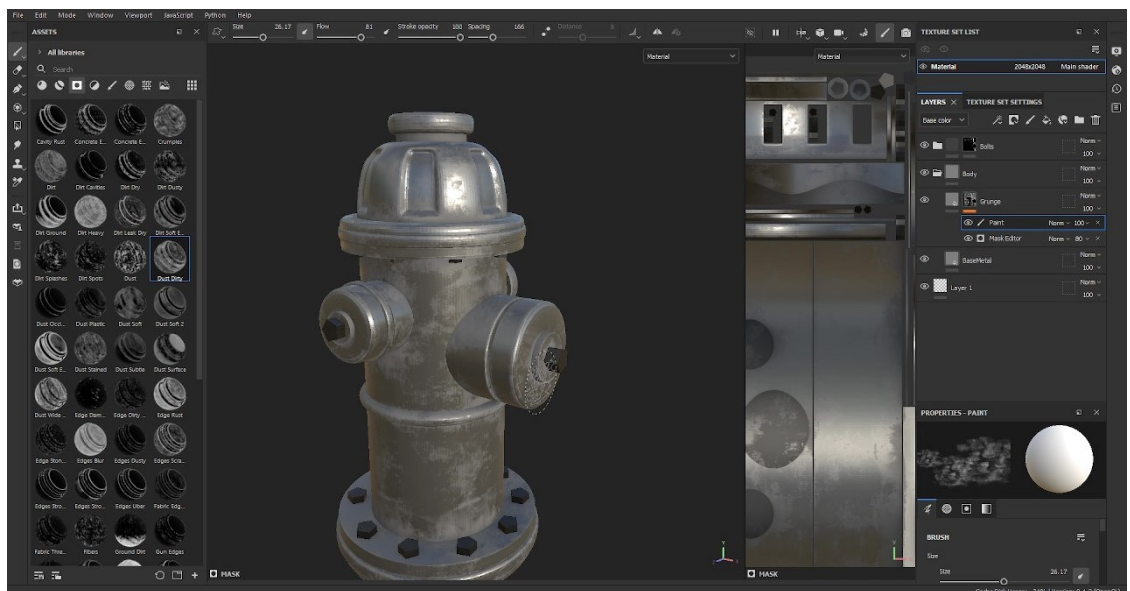
### 7.1 Palopostin teksturointiprosessi

Palopostin kanssa luodaan ensin ensimmäinen kerros, joka koostuu metallista. Metallimateriaalia varten luodaan harmaan sävyinen värikerros, mihinkä lisätään metallisuutta ja vähemmän karheutta, Minkä ansiosta materiaaliin saadaan metallia muistuttavaa kiiltoa. Sama tehdään pulteille ja venttiileille, mutta pienillä muutoksilla, jotta ne vaikuttavat hieman eri materiaalilta, ja niiden eri väri lisää kiinnostavampaa monipuolisuutta mallin metallisuuteen kuvan 19 tavoin.



Kuva 19. Palopostin metalli materiaali ennen yksityiskohtien lisäämistä.

Metalli materiaali vaikuttaa vielä liian puhtaalta, minkä takia siihen luodaan pientä monipuolisuutta käyttäen likakarttaa Substance Paintterin tarjoamista smart-maskeista. Lisäksi likakartan materiaalista vähennetään metallisuutta ja lisätään karkeutta, kunnes metallipinta näyttää kuvan 20 mukaiselta. Syynä on, koska harvoin vanhempi metalli on tasaisesti kiiltävää.

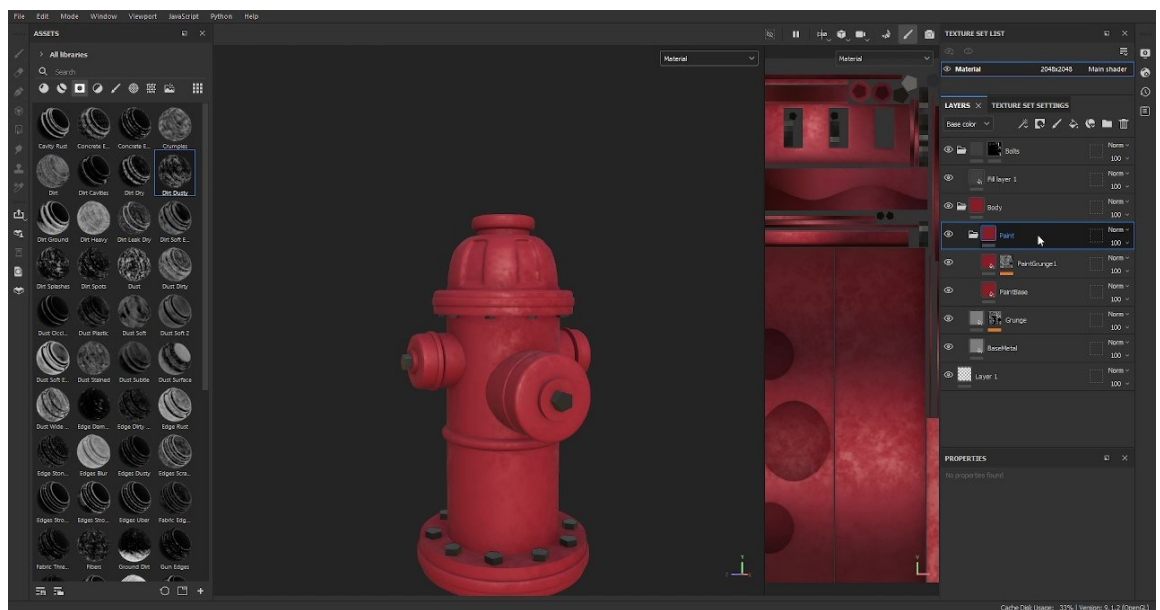


Kuva 20. Palopostin valmis metallimateriaali.

Tässä vaiheessa on hyvä muistaa, vaikka valmiit smart-materiaalit ja maskit ovat hyödyllisiä työvälineitä, eikä ole mitään syytä, miksi niitä ei voisi käyttää, ne eivät silti tiedä artistin suunnitelmaa mallin historialle. Sen takia tarkemmat yksityiskohdat tulee luoda manuaalisesti käyttäen smart-työkaluja pohjana.

Kun metallimateriaali on valmis, voidaan luoda seuraava taso maalimateriaalia varten. Samalla tavalla, kuten muidenkin materiaalien kanssa on järkevintä luoda jokaiselle materiaalille omat kansiot tasoalikkossa ja nimetä ne järkevästi vastaten luotua materiaali tai yksityiskohtaa, kuten likaa tai naarmuja.

Maalimateriaalia luodessa voidaan katsoa mallikuvan perusteella oikeanlainen väri ja maali pinnan tekstuuri, koska se ei ole täysin kiiltävä, mutta ei myöskään täysin karkea. Sen metallisuus laitetaan mahdollisimman pienelle ja karkeutta lisätään vähän. Maalipintaan lisätään myös likakartta, jonka karkeutta laitetaan korkeammalle kuin maalipinnan pohjataso, mikä lisää monipuolisuutta pintaan ja estää pinnan olemasta samaa kiiltävyyttä, kuten kuvassa 21 näytetään.

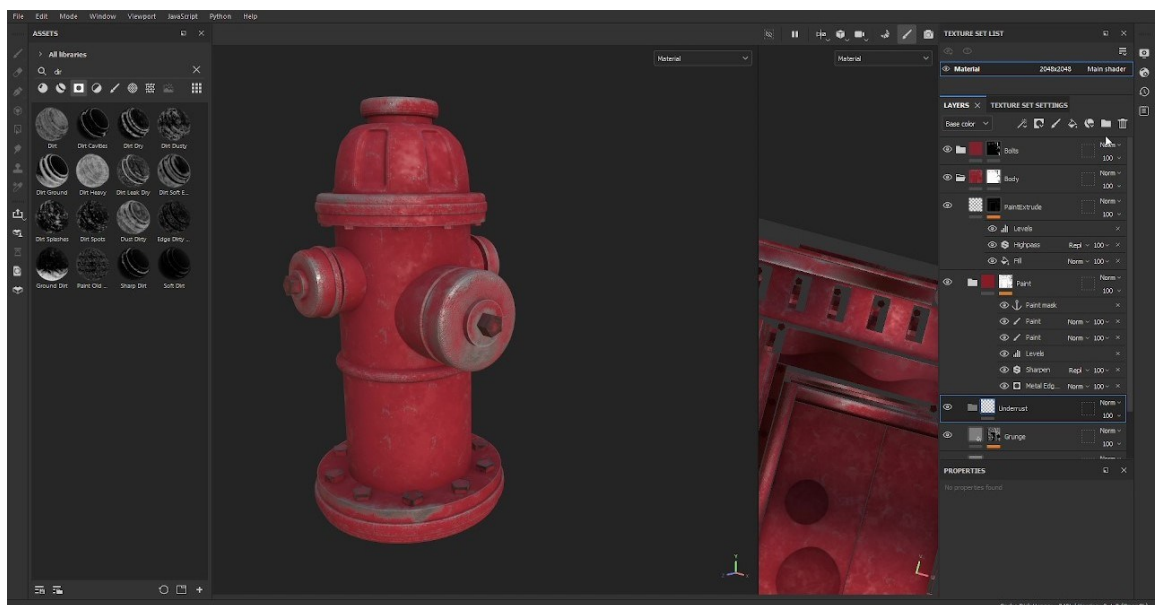


Kuva 21. Valmis maalimateriaali.

Kun maalipinta kerros on valmis, siirrytään luomaan maalipinnan kulumista. Koska kyseessä on ikääntyneempi paloposti, maali on alkanut rapistumaan lievästi pois tasaisesti kaikkialta. Tietyt reunat sekä kohdat, jotka ovat voineet sattumanvaraisesti kosketusta jonkin kanssa, ovat kaikista kuluneemmat.

Maalipinnan päälle lisätään smart-maski, mikä keskittyy reunojen naarmutukseen. Sen asetuksista voidaan asetella naarmutuksen määrä oman tahdon mukaan sopivaksi, jolloin naarmut ovat suurimmaksi osaksi mallin pintojen terävämmillä reunoilla sekä pientä naarmutusta tasaisesti muualla. Tietyt kohdat maalista ovat kuitenkin joko liian kuluneet tai liian vähän kuluneet, kun kyseessä on mallin historia, smart-maskeja on kuitenkin mahdollista muuttaa lisäämällä niihin maalauslisäys tasovalikosta, jonka avulla maskiin pystyy tekemään manuaalisesti omaa jälkeä.

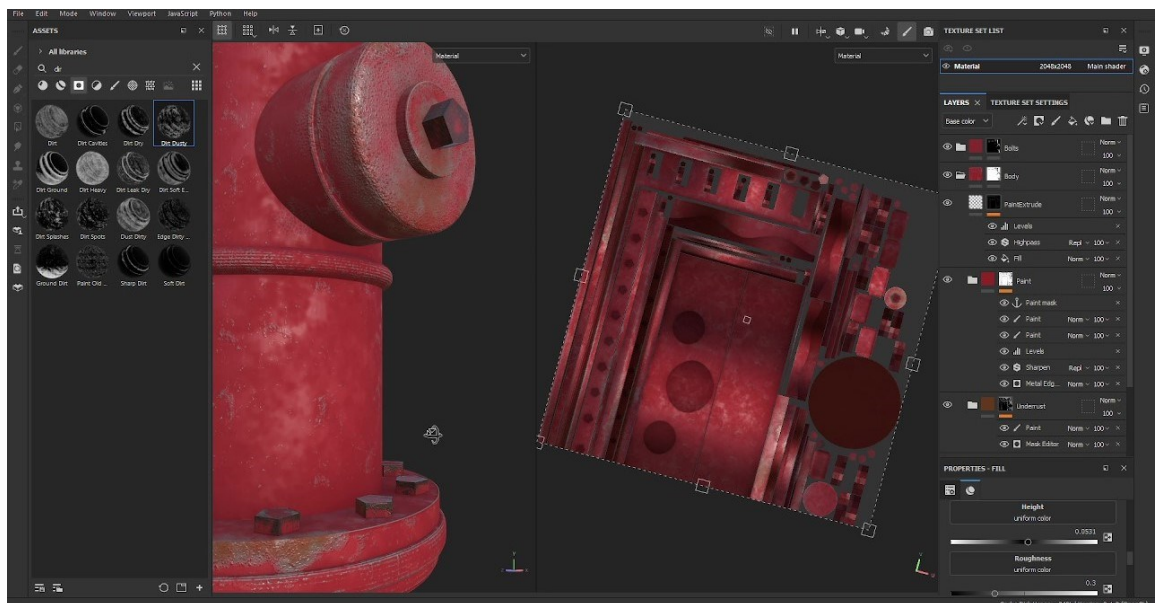
Maskin maalauksen avulla poistetaan ylimääräinen kuluminen kohdista, missä sen ei kuuluisi olla, kuten pehmeämmät nurkat tai reunat, jotka eivät ole välttämättä saaneet paljoa osumaa esimerkiksi ohikulkijoilta tai palopostin käyttäjiltä. Samoin lisätään vahinkoa kuvan 22 demonstroimalla tavalla niihin kulmiin, jotka ovat saaneet osumaa, kuten ulommaiset reunat palopostin yläosasta, ja maalipinta venttiilien ja pulttien ympäriltä.



Kuva 22. Palopostin maalipinnan vahinko.

On muistettava, että ajan ja osuman luomat jäljet eivät ole tasaisia, joten monien eri Substance Painterin tarjoamien maalausterien käyttö antaa parhaimman ja realistisemman lopputuloksen. Pieni yksityiskohta, joka tuo lisää uskottavuutta maalin vahinkoon, on korkeuden muuttaminen maalimateriaalin asetuksista, tämä asetus saa maalipinnan näyttämään paksummalta kuin sen alta paljastuva metallimateriaali, vaikka mitään kolmiulotteista muutosta mallin pintaan ei generoida.

Seuraavaksi on ajateltava mallin ruostumista, ja mihin kohtiin se kerääntyy. Koska ruoste syntyy metallin päälle veden ja hapen vaikutuksesta, selkeät kohdat ruosteen kerääntymiselle ovat kohdat, joista maalin kuluminen on paljastanut sen alla olevan metallin. Ruostemateriaali luodaan metalli- ja maalimateriaalien väliin, koska se antaa enemmän kontrollia sen muokkaamiseen ilman, että se häiritsee muita materiaaleja. Ruosteen luomiseen käytetään smart-maskia, jota muokataan manuaalisesti maalaustyökalun avulla, jonka avulla ruoste saadaan maalattua tarkasti sille tarkoitettuihin kohtiin, kuvan 23 näyttämällä tavalla.

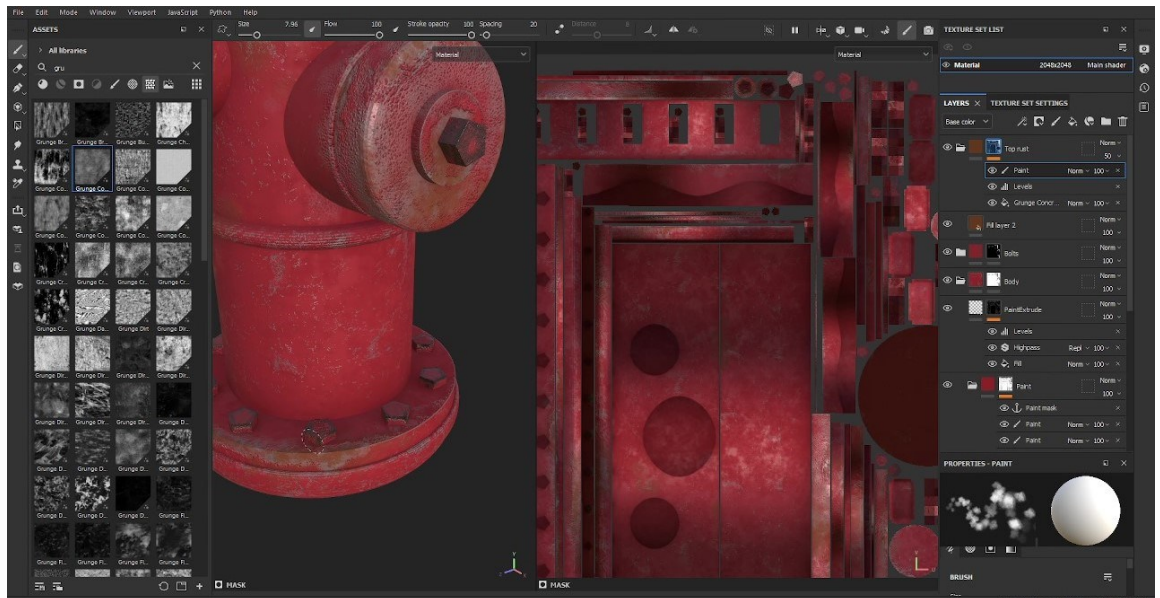


Kuva 23. Ruosteen ensimmäinen kerros maalattuna sille tarkoitettuihin kohtiin.

Lisäys, joka saa ruosteesta uskottavamman, on jos se luodaan monessa eri kerroksessa, jotka vaihtelevat väriltään sekä korkeudeltaan. On myös huomioitava, että ruoste itsessään ei ole kovin heijastava materiaali, joten sen karheus on laitettava keskivertoa korkeammalle.

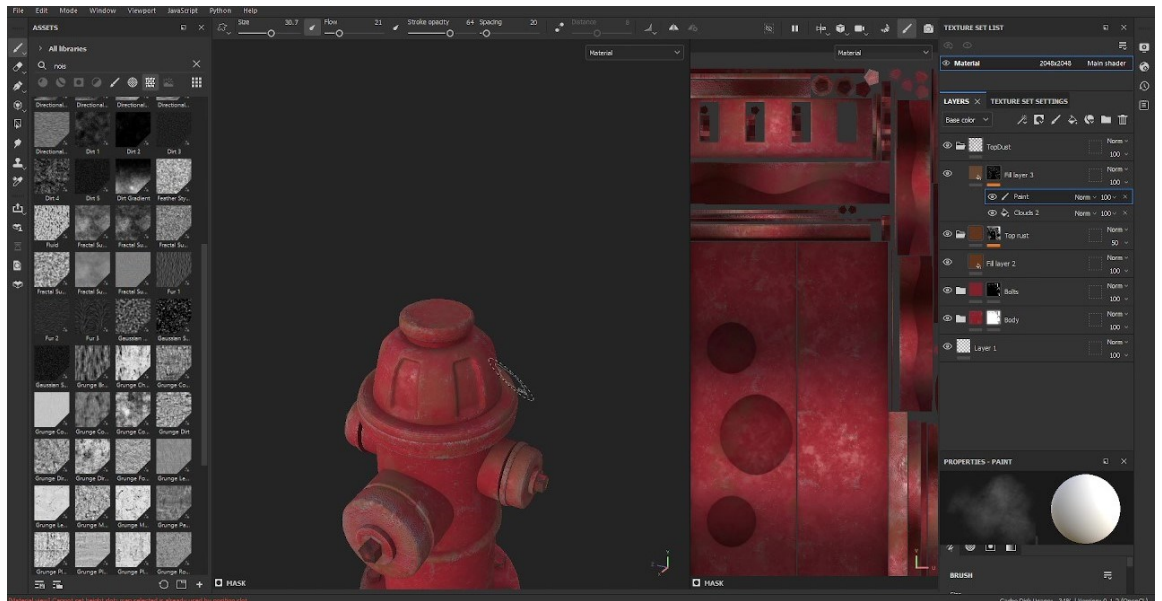
Ruosteen kerrokset voidaan luoda toistamalla aikaisempaa kerrosta ja maalaamalla aiemman kerroksen päälle ruosteen tapaan kirkkaammalla värillä, jolloin pohjimmaisoin kerros on enemmän

ruskean sävyinen pienellä korkeuden lisäyksellä ja päällisin kerros on lähempänä kirkkaan oranssia ja sillä on myös eniten lisättyä korkeutta. Koska ruosteen väri voi myös luoda tahroja sen viereistä maalipintaa, pienen ruosteen värin lisääminen ruostetta ympäröivien maalireunusten pintojen päällä kuvan 24 mukaisesti, on pieni mutta uskottavuutta lisäävä yksityiskohta, jonka voi luoda omalle kansiolle ja tasolle.



Kuva 24. Kevyen ruostekerroksen maalaamista maalipinnan ja muun ruosteen reunoille.

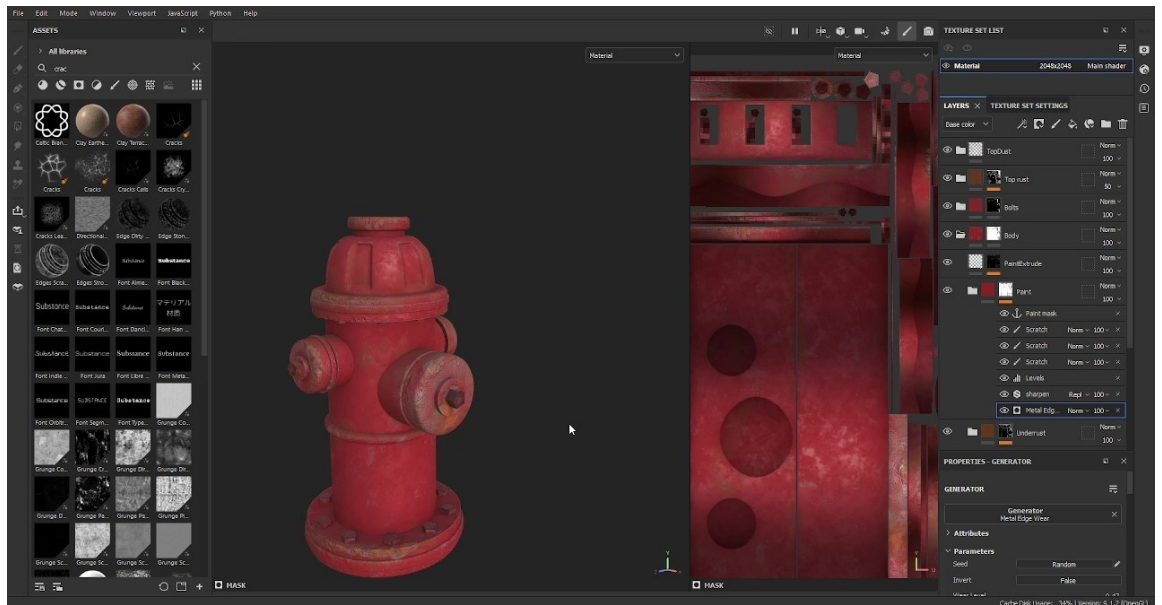
Pieni lisäys, joka yhdistää palopostin ulkonäköä, on ulkona liikkuvasta saasteesta ja pölystä kerääntyneen lian lisääminen. Likakerros luodaan tasovalikon korkeimmaksi materiaaliksi omaan kansioonsa, kuten muutkin materiaalit, smart-maskin sijasta käytetään Substance Painterin tarjoamaa tekstuuri-maskia, joka sopii parhaiten likapeitoksi. Tekstuuri-maski on yhtä muokattava kuin smart-maski, mutta se ei täysin mukaudu materiaalin geometrian mukaan. Se jättää artistin vastuulle maalata maski oikeanlaiseksi poistaen turhat kohdat, minne pöly ei niin helposti kerääntyisi, kuten pienemmät raot, ja lisää lian mallin suuremmille pinnoille, kuten päällyspinnoille ja sivuille. Pölykerroksen tulee olla erittäin kevyt, minkä takia sen läpinäkyvyys laitetaan erittäin pienelle sen tason asetuksista, koska oikeassa elämässä kevyet pölykerrokset eivät välttämättä ole kovin huomattavia, mutta ne lisäävät tietynlaisen sävyn ja tekstuurin materiaalin pinnalle.



Kuva 25. Kevyen likakerroksen maalaamista.

Pölykerroksen tulee olla myös täysin karkea estääkseen heijastavuutta eli sen karkeus laitetaan liukusäätimessä keskivertoa korkeammalle. Viimeiseksi kaikki yksityiskohdat käydään läpi ja niihin voidaan tehdä viimeiset muutokset, jos niitä tarvitaan.

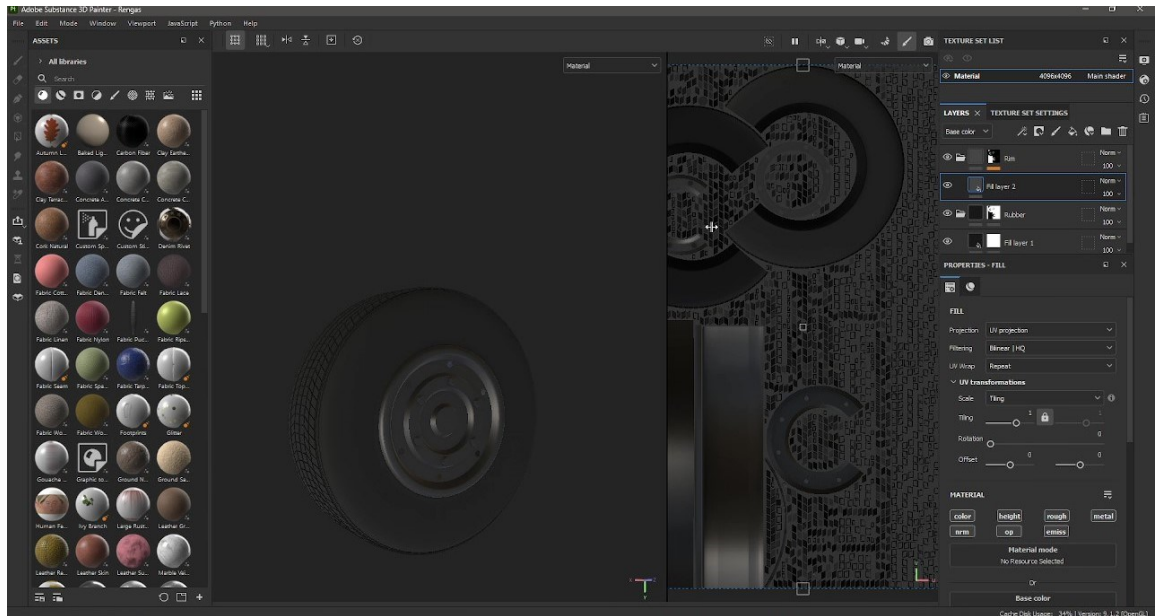
Maalipintaan luodaan lisää vahvempaa vahinkoa erilaisen kynänterän kanssa kohtiin, missä tehty vahinko on vahvimmillaan. Luodakseen vahvempaa kontrastia maalipinnan ja metallin välillä, myös lisää halkeamia tehdään satunnaisesti eri puolille palopostia. Tämä luo vaikutuksen, mikä saa maalipinnan tuntumaan siltä, aivan kuten se alkaisi vasta nyt kuoriutumaan niistä kohdista pois, myös ruostepintaa vahvistetaan kohdista, missä se oli aluksi liian heikkoa kuvan 26 mukaisesti.



Kuva 26. Valmiiksi teksturoitu paloposti viimeistelyn jälkeen.

## 7.2 Renkaan teksturointiprosessi

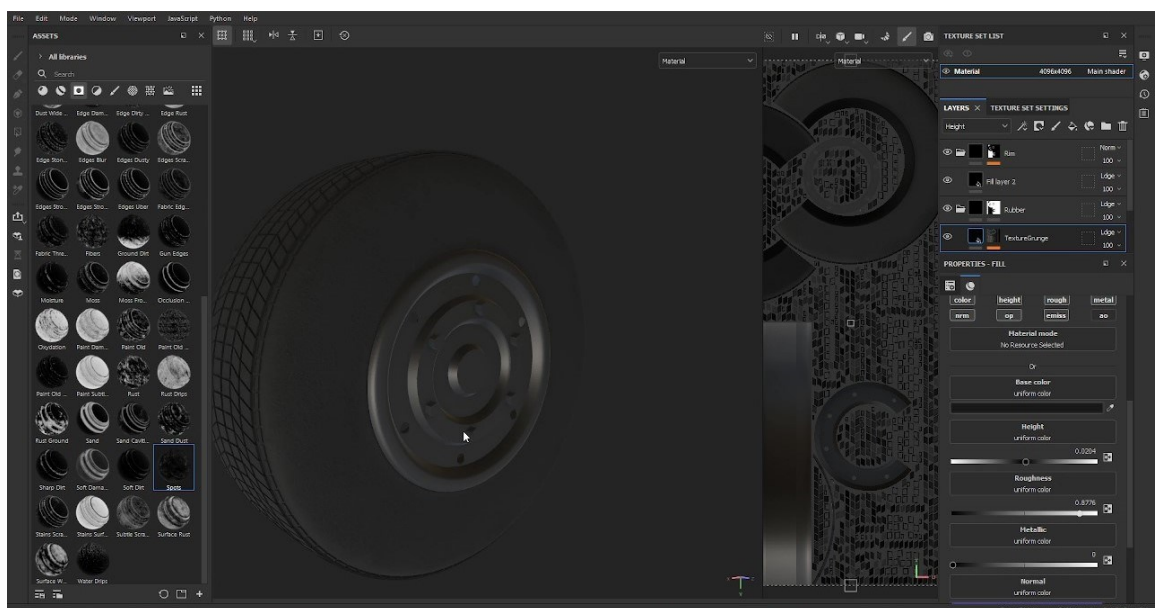
Renkaan teksturoinnin aloituksessa renkaan kaksi eri osaa eli kumi ja vanne erotetaan toisistaan maskien avulla, mikä estää molempien omien materiaalien vuotamisen toisiinsa. Renkaan kumin materiaali luodaan lähelle mattamustaa, jonka karkeus asetetaan liukusäätimellä melkein täysille, mikä jättää siihen melkein huomaamattoman kumimaisen heijastuksen. Renkaan vanteet koostuvat yleensä metallista, minkä takia vanteen väri laitetaan metallin harmaaksi, sen karkeus asetetaan liukusäätimessä keskipisteen alapuolelle ja metallisuus asetetaan melkein täysille, mikä antaa sille metallista tuntumaa ja kiiltoa kuvan 27 mukaisesti.



Kuva 27. Renkaan kumin ja vanteen pohjamateriaalit.

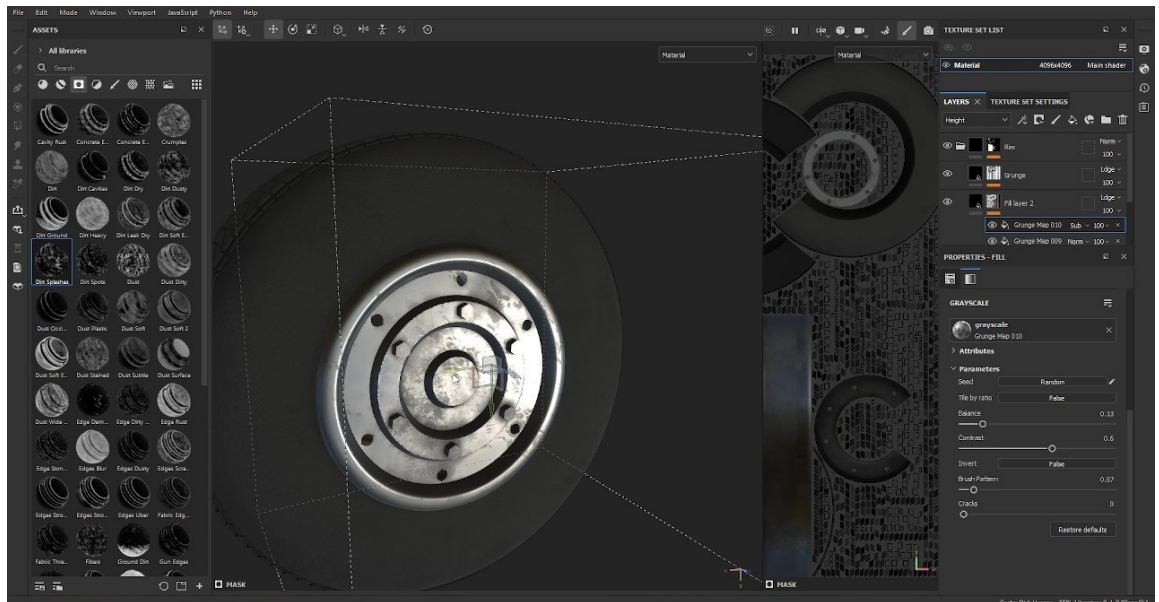
Renkaan kumista saadaan kiinnostavamman näköinen käyttäen kahta eri smart-mask-likakarttaa. Ensimmäisellä maskilla kumin pintaan lisätään suurempia tahramaisia kuvioita, joiden sävyä ja karkeutta muutetaan lievästi. Sen ansioita pinta saa monipuolisuutta eikä se näytä täysin tyhjältä.

Toisella maskilla saadaan kumin pintaan epätasausta ja tuntumaa luomalla pieniä pisteitä. Lisäämällä yksityiskohtaa kuvan 28 mukaisesti saadaan epätäydellisyyksiä, joiden korkeutta muutetaan lievästi antaen pinnalle epätasaista tuntumaa, mikä olisi syntynyt kumin luomisprosessissa.



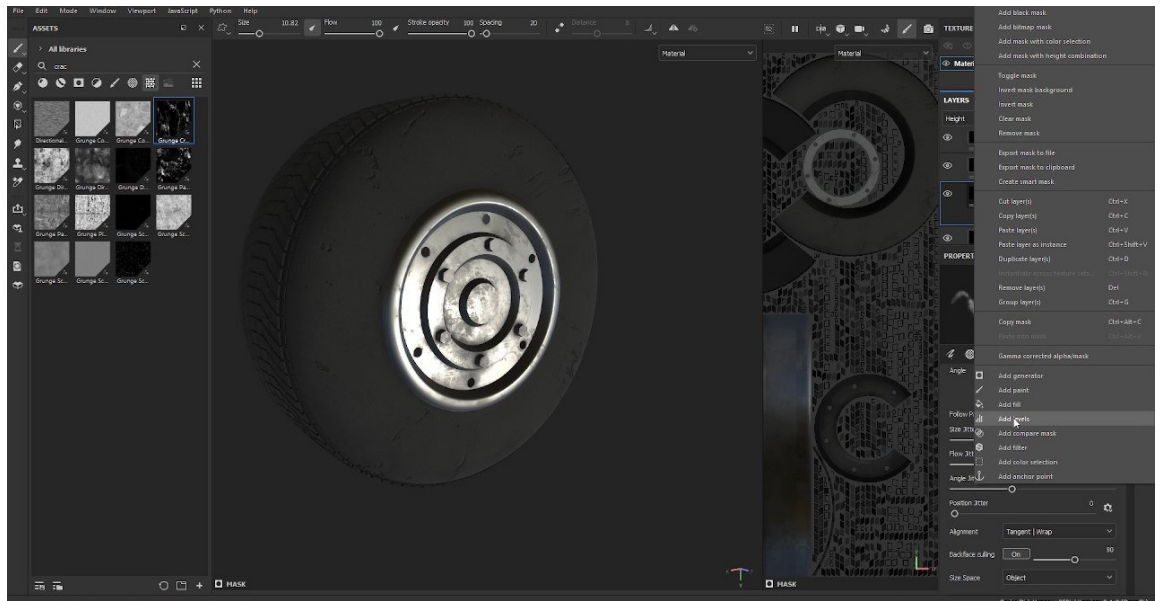
Kuva 28. Renkaan kumi lisätyn yksityiskohtien kanssa.

Vanteen materiaaliin saadaan myös monipuolisuutta käyttäen kahta eri smart-maskia samalla tavalla kuin kumiin. Ensimmäisellä maskilla lisätään pehmeää ja lievää erilaisuutta materiaalin karkeuteen, mikä vähentää liian samanlaista kiiltävyyttä koko materiaaliin. Toisella maskilla luodaan lievästi näkyvämpää ja terävämpää likaa, jolla saadaan aikaa erottuvampaa karkeutta kuvan 29 mukaisesti.



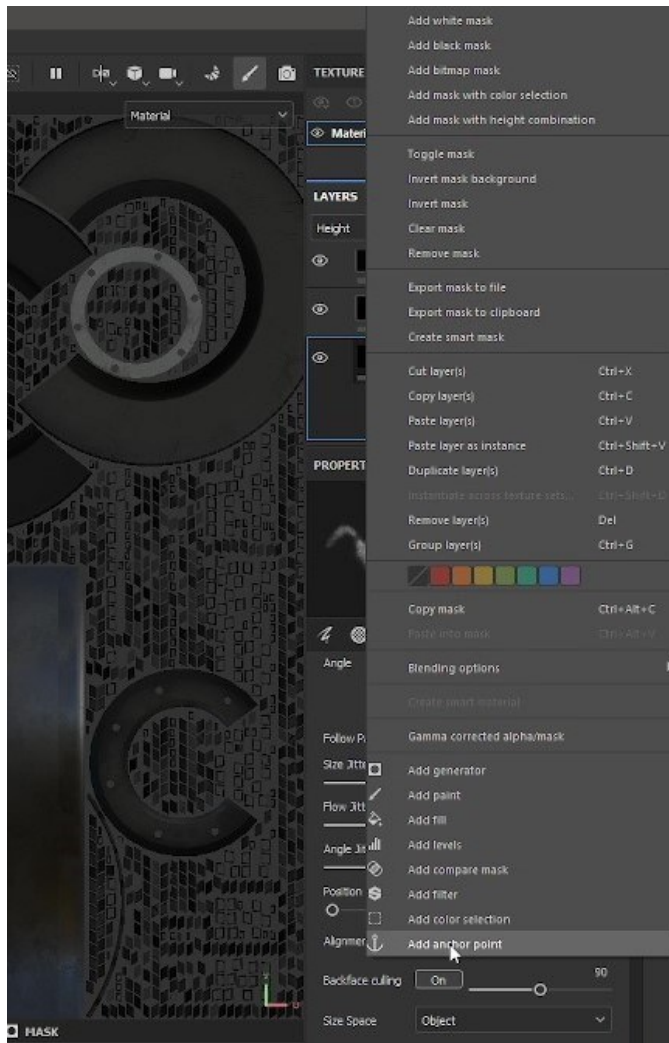
Kuva 29. Vanteen pohjamateriaaliin lisätyt yksityiskohdat.

Vahinkoa renkaan kumiin saadaan käyttämällä naarmuja esittävää tekstuurikarttaa, jonka muodon saa asetettua sopivammin renkaan muotoon muutamalla sen projektio-asetusta spherical projectioniksi eli pallomaiseksi projektioksi. Tarvittaessa karttaa voi asettaa 3D-näkymässä sopivasti mallin päälle, mutta tämä riippuu täysin mallin muodosta ja projektio asetuksista. Kuvassa 30, kumiin on asetettu sen ensimmäinen vahinkokerros.



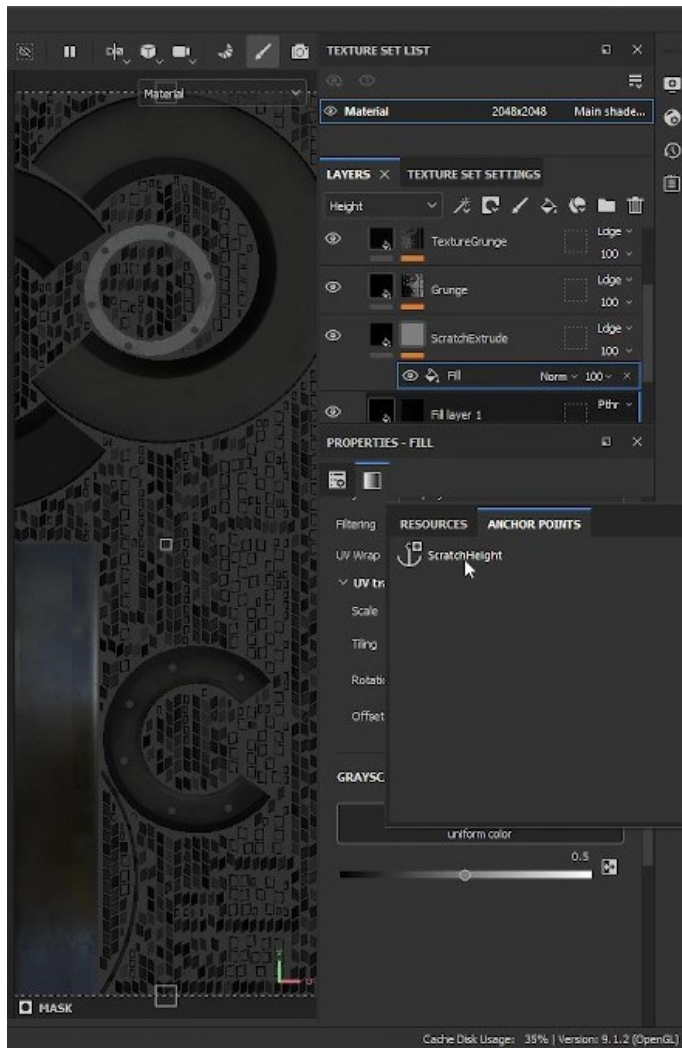
Kuva 30. Ensimmäinen vaihe kumiin lisäystä vahingosta.

Naarmuuntunutta kumin pintaa saadaan paremmaksi, kun ajatellaan, että kuminen pinta vaurioituessaan kohottaa vaurioituneiden kohtien reunoja materiaalin venyvyyden ja jännitteen vuoksi. Reunojen kohoamisvaikutelman saa aikaan, kun luotuun naarmu materiaaliin lisätään kuvan 31 mukaisesti anchor-point eli ankkurointipiste-muuttuja, jonka avulla muiden tasojen muuttujilla voi vaikuttaa ankkuroituun tasoon.



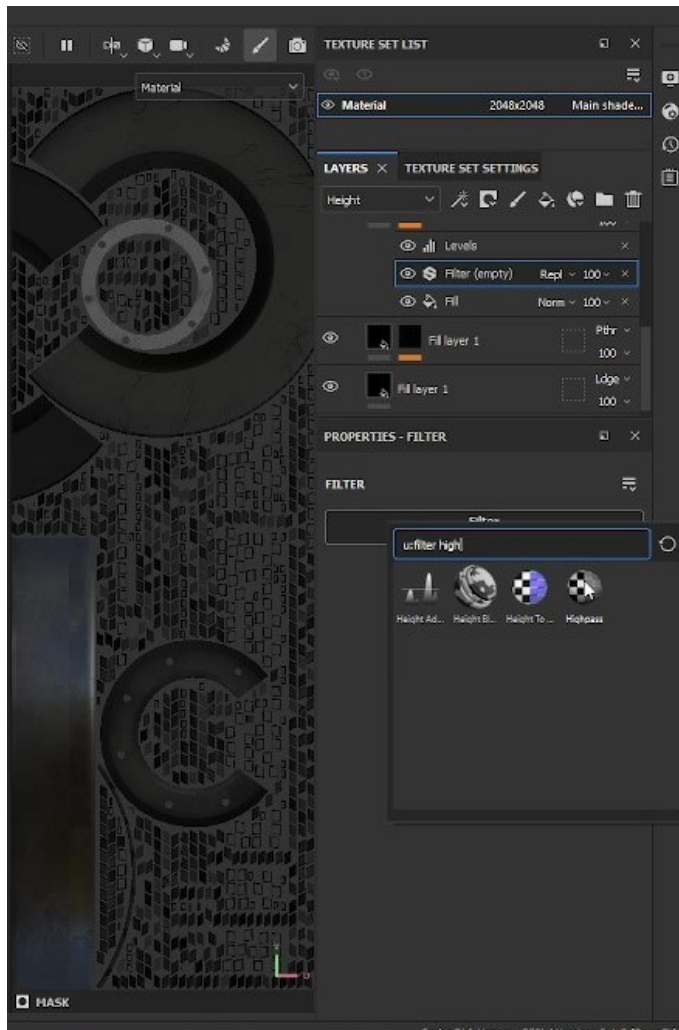
Kuva 31. Ankkurointi pisteen luominen.

Seuraavaksi ankkuroitua tasoa varten luodaan uusi tyhjä täyttötaso, josta jätetään päälle vain sen korkeusasetus ja mihinkä lisätään musta maski sekä täyttö muuttuja, jonka grayscale vaikuttajaksi valitaan aikaisemmin luotu ankkurointipiste kuvan 32 tapaisesti.



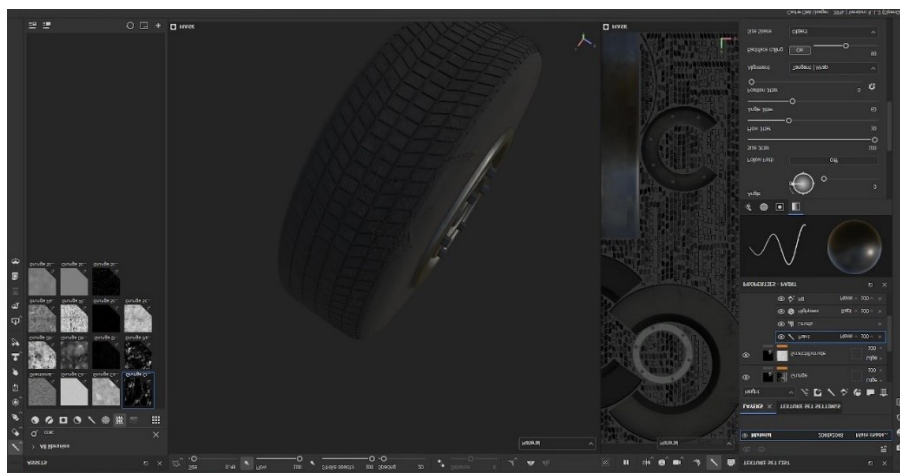
Kuva 32. Grayscalen vaikuttajaksi valittu ankkurointipiste.

Tyhjään tasoon lisätään myös filter-muuttuja, jonka asetukseksi asetetaan highpass, ja levels eli tasomuuttuja kuvan 33 tapaisesti, millä voidaan kontrolloida naarmumaskin korkeutta sen valko-mustatasapainon avulla.



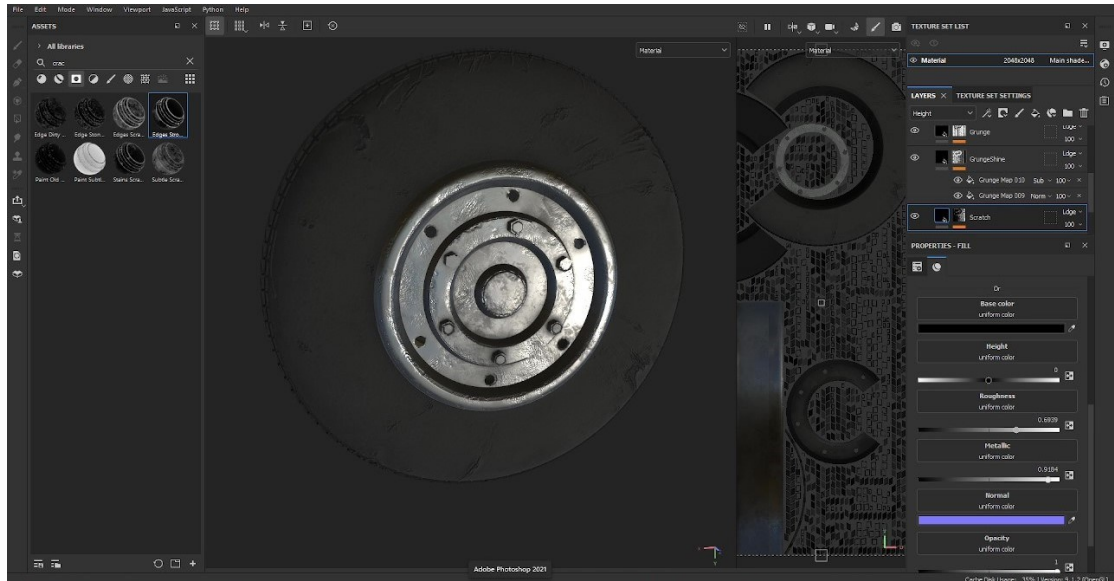
Kuva 33. Highpass-filtterin lisääminen levels- ja fill-muuttujien sekaan.

Lisää kulumista voidaan luoda kohtiin kuvan 34 tapaisesti, kuten kumin urien kohdalle, jotka ovat enimmäkseen olleet kosketuksessa tien kanssa, maalaamalla manuaalisesti naarmukarttaan käyttäen eri kynänteriä.



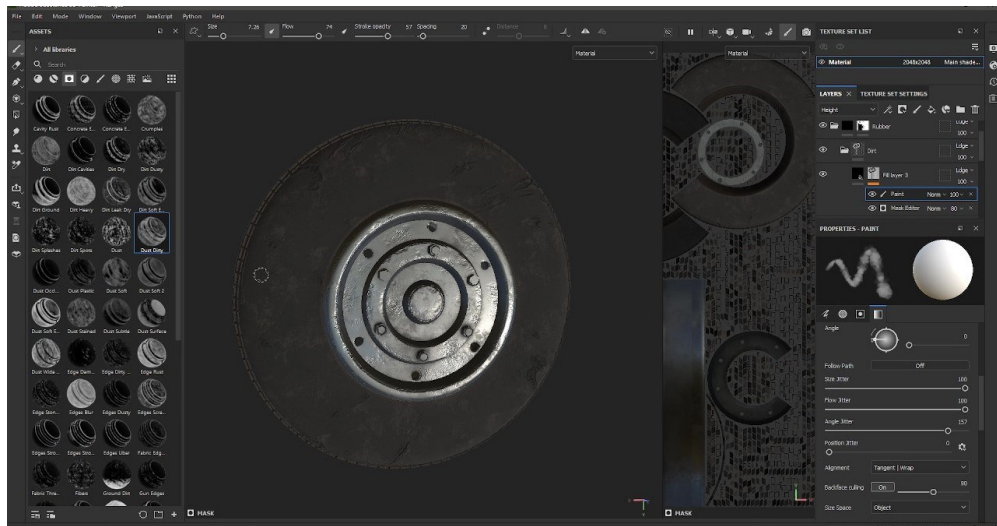
Kuva 34. Lisä-naarmuja renkaan urien kohdalla.

Vahinkoa vanteelle tehdään käyttämällä smart-maskia, joka keskittyy mallin reunoihin ja sen korkeutta asetetaan liikusäätimellä keskipisteen alapuolelle, jolloin vahingolle tulee syvyyttä. Maskiin myös lisätään tai vähennetään vahinkoa manuaalisesti maalaamalla kohtiin, kuten vanteen ulostuotuihin reunoihin, ja satunnaista kolhua siseneville pinnoille. Uudet lisätyt vanteen vahingot keskittyvät enimmäkseen ulottuviin reunoihin kuvassa 35.



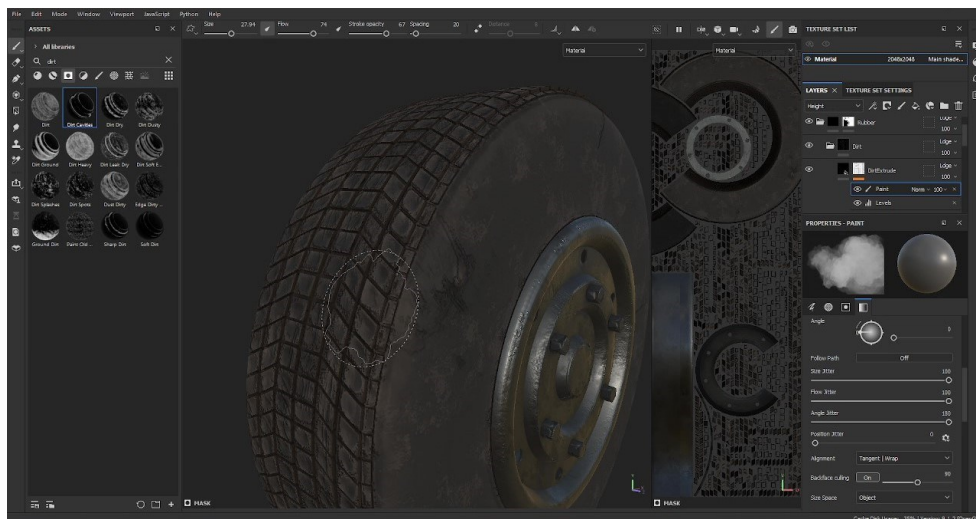
Kuva 35. Vanteeseen luotu vahinko.

Renkaan kumin lika luodaan kahdessa pehmeässä ja tasaisemmassa liassa sekä tarkemmassa rakoihin kerääntyneessä liassa. Pehmeämpi ja tasaisempi lika luodaan smart-maskilla, jonka materiaalin väri asetetaan haalean ruskeaksi kuin pöly ja kuivanut muta tai hiekka, jotka ovat tahranneet renkaan kumin ajan saatossa. Suurin osa tästä liasta painottuu kuvassa 36 voimakkaimmin kumin urien kohdalle sekä kumin vaurioiden sisälle, muissa kohdissa sen tarkoitus on olla hillitympää.



Kuva 36. Renkaan kumin ensimmäinen lika kerros.

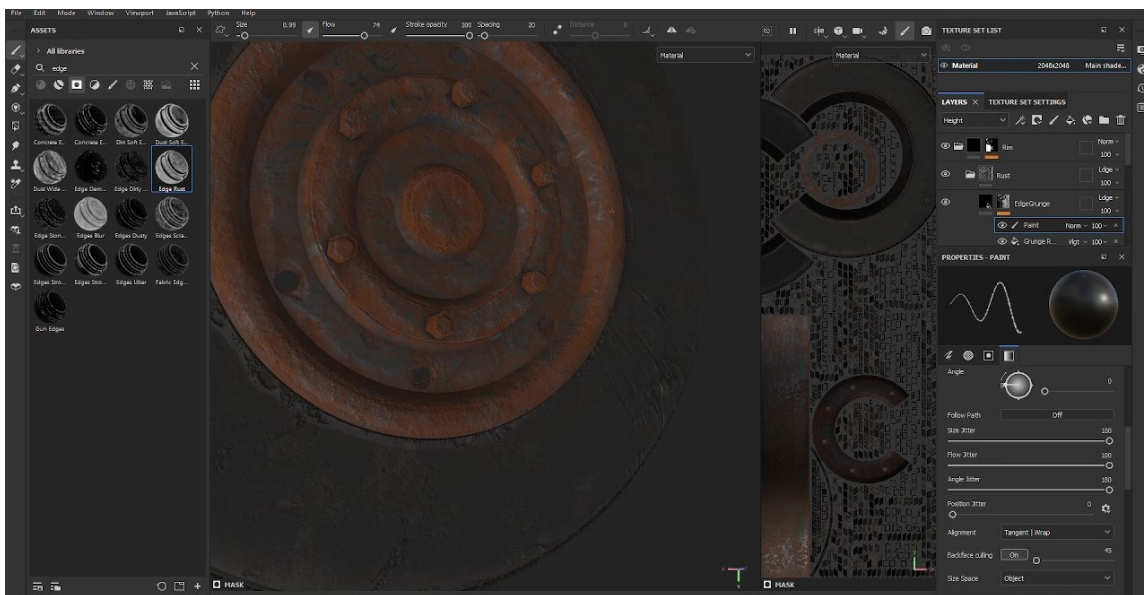
Tarkempi lika, joka kerääntyy urien kohdalle, luodaan smart-maskilla, joka keskittyy enemmän mallin reunoihin ja rakoihin. Manuaalisesti maskiin maalaamalla tätä likaa voidaan saada toivotumpiin kohtiin enemmän, kuten kumin uriin ja niiden ympärillä oleville pinnoille. Tarkemman lian materiaalin väri tulee olla lievästi tummempaa kuin tasaisempi lika, koska esimerkiksi muta on kerääntynyt sinne tiheämmin kuin muualle kumin pinnalle. Kuvassa 37 näkyy esimerkki tarkemmin maalatusta liasta.



Kuva 37. Renkaan uriin luotu tarkempi lika.

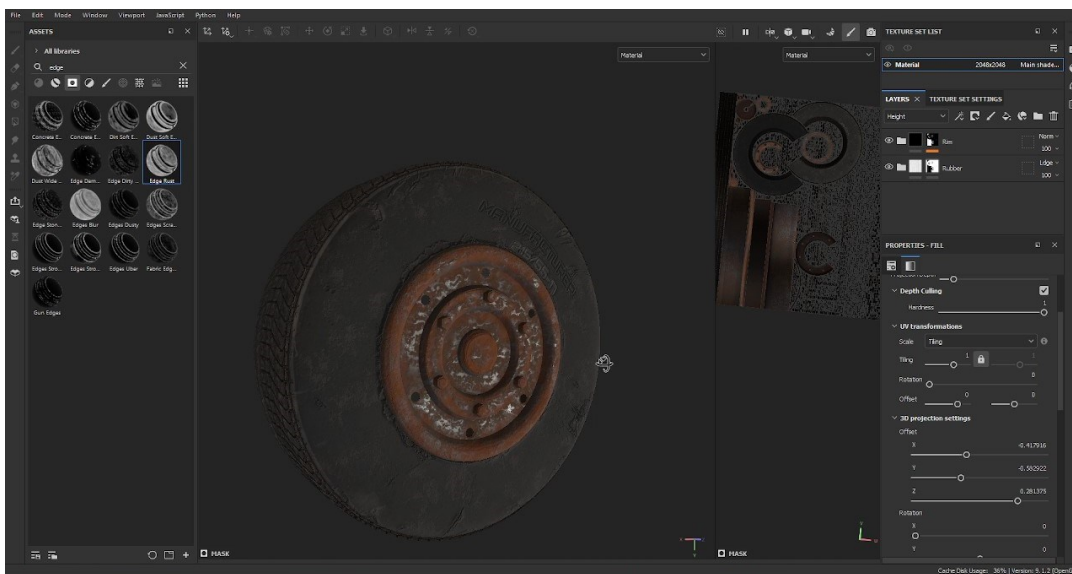
Ruoste, joka kerääntyy vanteen päälle, luodaan samalla periaatteella kuin aikaisempienkin mallien ruosteet, eli monella eri kerroksella, joista alin on tumman ruskea ja tasaisempi. Kun taas päällimmäisin kerros on kirkkain ja korkein. Tarvittaessa molempien ruoste kerroksien vahvuutta

ja kerääntymistä voi kontrolloida manuaalisesti maalaamalla oman maun mukaan kuten kuvassa 38 näkyvässä valmiissa ruosteessa.



Kuva 38. Vanteen valmiiksi luotu ruoste.

Joidenkin renkaiden kumissa on merkinnät renkaan koosta ja sen valmistajasta, tämä yksityiskohta voidaan luoda Substance Painterin tekstityökalulla, ja vaihtaa kirjoitetun tekstin kietoutumista warp eli vääristämistyökalulla, jotta tekstin suunta seuraa renkaan kaarta. Tekstin voisi jättää sellaisenaan renkaan pinnalle, mutta jos teksti ja sen reunat kohotetaan samalla tavalla kuin vauriot kuvassa 39, teksti näyttää kuin se olisi osa renkaan kumin muottia ja saa sen näyttämään yhtenäisemmältä sen kanssa.



Kuva 39. Lisätty teksti renkaan valmiille materiaalille.

Kun mallien tekstuurit olivat valmiit, ne renderöitiin Substance Painterin sisällä, minkä avulla niiden valmius tulee esiin paremmin, verrattuna niiden näkymään työtilassa.

### 7.3 Paloposti

Valmis paloposti kuvassa 40 on renderöity Adobe Substance Painterin sisällä.



Kuva 40. Valmis renderöinti palopostista Substance Painterin sisältä.

#### 7.4 Rengas

Valmis autonrenkas kuvassa 41 on renderöity Adobe Substance Painterin sisällä.



Kuva 41. Valmis renderöinti renkaasta Substance Painterin sisältä.

## 8 Yhteenveto

Aluksi käytiin läpi teoriaa liittyen 3D-mallinnukseen, teksturointiin ja lian ja vahingon luomiseen. Teoriaosuuden aikana selvisi tarkempaa tietoa eri tekstuurikartoista, ja yksityiskohtien lisäämisen ajatusmaailma aukeni. Tämä teoriaosuus toimi hyvänä pohjana seuraavalle mallinnukselle ja teksturoinnille.

Aluksi mallit rakennettiin ja avattiin Blenderin sisällä, ottaen mallia oikean elämän esineistä ja mielikuvituksesta, jonka jälkeen mietittiin niiden käyttöä, ikääntymistä ja vahinkoa, eli miten niiden ulkonäkö on päässyt siihen tilanteeseen. Mallit siirrettiin Adobe Substance Paintteriin niiden teksturointia varten yksi kerrallaan, ja prosessin aikana ajattelin jokaista materiaalia omana kerroksenaan.

Ensin paloposti teksturoitiin, aloittaen metallikerroksesta, minkä jälkeen siirryttiin maalikerrokseen, ja malli viimeisteltiin ikäännyttävällä ruostekerroksella sekä lika- ja vahinkokerroksella. Palopostin vahinko koostui naarmuista ja maalin rapistumisesta, ja lika koostui ruosteesta sekä pölystä.

Rengas teksturoitiin viimeiseksi, ensin luomalla vanteen metallisen materiaalin ja kumin mattamaisen kumimateriaalin. Vahingoksi vanteeseen kerääntyi kolhuja mitkä keskittyvät uloimpiin reunoihin ja liaksi ruostekerroksia, sillä välin kuin kumiin tuli naarmuja ja tasaista sekä rakoihin keskittyneempää mutaa ja pölyä.

Koko teksturointiprosessin aikana koitin pitää mielessä alussa käytyä teksturointiteoriaa, miten mallien käyttö ja niiden materiaalit itsessään vaikuttaa niiden saamaan vahinkoon ja likaantumiseen. Koitin pitää myös jokaisen materiaalikerroksen erillään, mikä auttoi pitämään jokaisen kerroksen erillisenään mahdollisten muutosten varalta. Mallinnus- ja teksturointiprosessien jälkeen artisti voi käyttää valmiita malleja siihen tarkoitukseen, johon ne on luotu.

## 9 Lähteet

- [1] What is A Polygon. Adobe. [Internet]. [Viitattu 8.1.2024]. Saatavilla: <https://www.adobe.com/products/substance3d/discover/3d-polygon-modeling.html>
- [2] Blender. Example of mesh structure. [Digikuva]. 2024. [23.04.2024]. Saatavilla: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/meshes/structure.html>
- [3] Denham T. What is UV Mapping & Unwrapping?. [Internet]. [Viitattu 8.1.2024]. Saatavilla <https://conceptartempire.com/uv-mapping-unwrapping/>
- [4] Texture. Cambridge Dictionary. [Internet]. [Viitattu 6.2.2024]. Saatavilla: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/texture>
- [5] Miranda L. A Quick Guide to Getting Started with Substance Painter. School of Motion. [Viitattu 29.10.2023]. Saatavilla: <https://www.schoolofmotion.com/blog/quick-guide-getting-started-substance-painter>
- [6] About. Blender. [Internet]. [Viitattu 2.1.2024]. Saatavilla: <https://www.blender.org/about/>
- [7] Features. Blender. [Internet]. [Viitattu 2.1.2024]. Saatavilla: <https://www.blender.org/features/>
- [8] Mitä PBR (fyysikkaperusteinen renderöinti) on? Adobe. [Internet]. [Viitattu 16.10.2023]. Saatavilla: <https://www.adobe.com/fi/products/substance3d/discover/pbr.html>
- [9] Physically-Based Rendering, And You Can Too! Marmoset.co. [Internet]. [Viitattu 16.10.2024]. Saatavilla: <https://marmoset.co/posts/physically-based-rendering-and-you-can-too/>
- [10] sRGB. Wikipedia. [Internet]. [Viitattu 18.10.2023]. Saatavilla: <https://en.wikipedia.org/wiki/SRGB>
- [11] What is Baking ? | Substance 3D bakers. Adobe. [Internet]. [Viitattu 18.10.2023]. Saatavilla: <https://helpx.adobe.com/substance-3d-bake/getting-started/what-is-baking.html>
- [12] What is a 3D Height [Viitattu 8.1.2024]. Saatavilla: <https://www.adobe.com/products/substance3d/discover/what-is-height-mapping.html>
- [13] Grunge Maps | Substance B2M. Adobe. [Internet]. [Viitattu 24.10.2023]. Saatavilla: <https://helpx.adobe.com/substance-3d-b2m/main-features/grunge-maps.html#:~:text=Grunge%20Maps%20al-low%20you%20to,or%20use%20your%20own%20one>

[14] SouthernShotty. Blender 3D - Creating Believable Textures. [Video]. Youtube. 8.8.2022 [Viitattu 28.10.2023] Saatavilla: [https://www.youtube.com/watch?v=Y\\_y\\_QRLuC8Y](https://www.youtube.com/watch?v=Y_y_QRLuC8Y)

[15] Sullins S. The Theory Behind Grunge In 3D. [Internet]. [Viitattu 28.10.2023] Saatavilla: <https://medium.com/@samuelsullins/4-steps-for-adding-realistic-grunge-to-your-3d-model-39c33343f781>

[16] Edge Wear | Substance 3D Designer. Adobe. [Internet]. [Viitattu 2.1.2024]. Saatavilla: <https://helpx.adobe.com/substance-3d-designer/substance-compositing-graphs/nodes-reference-for-substance-compositing-graphs/node-library/mesh-based-generators/mask-generators/edge-wear.html>

[17] Mesh Based Generators | Substance 3D Designer. Adobe. [Internet]. [Viitattu 2.1.2024]. Saatavilla: <https://helpx.adobe.com/substance-3d-designer/substance-compositing-graphs/nodes-reference-for-substance-compositing-graphs/node-library/mesh-based-generators.html>

[18] TexTools-Blender. franMarz. [Internet]. [Viitattu 9.4.2024] Saatavilla: <https://github.com/franMarz/TexTools-Blender#>

[19] UV-Packer. 3d-io. [Internet]. [Viitattu 9.4.2024] Saatavilla: <https://www.uv-packer.com/blender/>

[20] Bake Mesh Maps. Adobe. [Internet]. [Viitattu 9.4.2024]. Saatavilla: <https://helpx.adobe.com/substance-3d-painter/using/baking.html>

