Teollisuusalueesta elinympäristöksi

Teollisuuden muokkaaman maaperän kierrättäminen osana käytöstä poistuneiden teollisuusalueiden maisema-arkkitehtuuria

Kandidaatintyö

Kevät / 2023

AALTO-YLIOPISTO

Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu

Maisema-arkkitehtuurin koulutusohjelma

Aalto-yliopisto
Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu

Aalto-yliopisto, PL 11000, 00076 AALTO
www.aalto.fi

Tekniikan kandidaatin opinnäytteen tiivistelmä

Tekijä Maija Iiramo

Työn nimi Teollisuusalueesta elinympäristöksi

Laitos Arkkitehtuurin laitos

Koulutusohjelma Maisema-arkkitehtuurin koulutusohjelma

Vastuuopettaja Meri Mannerla-Magnusson

Ohjaaja Aada Taipale

Vuosi 2023 **Sivumäärä** 26 **Kieli** Suomi

Tiivistelmä

Teollinen toiminta jättää jälkeensä runsaasti saastuneita maa-alueita, joiden eliöyhteisö on joko osittain tai täysin tuhoutunut. Yhteiskuntien ja kaupunkien muuttuessa käytöstä poistuneita teollisuusympäristöjä syntyy jatkuvasti lisää. Ilman tarpeenmukaisia maaperän ja vesistöjen kunnostamismenetelmiä luonnon omat prosessit eivät välttämättä riitä alueiden luonnon monimuotoisuuden elpymiseen.

Tämä kandidaatintyö on kirjallisuustutkielma, jossa käsitellään laadultaan heikentyneen maaperän kierrättämistä osana käytöstä poistuneiden teollisuusalueiden maisema-arkkitehtuuria ja ekologista ennallistamista. Työssä pohditaan tapaustutkimuksen avulla teollisen maaperän käsittelyn vaikutuksia elollisen luonnon kehittymiseen. Tapaustutkimuksena käytetään länsi-Saksassa sijaitsevaa, vuonna 2002 valmistunutta Duisburg-Nordin maisemapuistoa. Aineisto koostuu pääosin jälkiteollista maisemaa ja jälkiteollisten alueiden ekologiaa käsittelevistä kirjallisuudesta sekä tutkimuksista.

Maisema-arkkitehtuurin kannalta aihe on ajankohtainen, sillä teollisuusalueet sijaitsevat monesti maisemallisesti merkittävillä alueilla, kuten tiiviisti rakennetuissa kaupunkiympäristöissä tai vesistöjen äärellä. Maisema-arkkitehtuurin avulla näitä hylättyjä alueita voidaan palauttaa ihmisten ja muiden eliöiden käyttöön samalla säilyttäen niiden historialliset ja kulttuurilliset ominaispiirteet. Toisaalta aihe on ajankohtainen myös ilmastonäkökulmasta, sillä pilaantuneen maan loppusijoittaminen ja käsittely alkuperäisessä sijaintipaikassaan vähentää merkittävästi hiilidioksidipäästöjä verrattuna yleisesti käytössä olevaan maaperän vaihtoon.

Tapaustutkimuksen perusteella voidaan todeta, että oikein käsiteltynä teollisuuden muokkaamaa maaperää ja sivutuotteena syntyneitä materiaaleja voidaan hyödyntää osana alueiden maisema-arkkitehtuuria ja niiden avulla voidaan saada aikaan monimuotoista ja elinvoimaista luontoa. Käytöstä poistuneiden teollisuusalueiden suunnittelun haasteita ovat erityisesti raskasmetallien ja orgaanisten haitta-aineiden pitoisuudet maaperässä. Jatkotutkimusta pilaantuneen maaperän kierrättämisestä tarvitaan, jotta menetelmä voidaan todeta ympäristön sekä ihmisten kannalta varmasti turvalliseksi.

Avainsanat Käytöstä poistuneet teollisuusalueet, maaperä, ekologinen ennallistaminen, jälkiteollisten alueiden maisema-arkkitehtuuri

Sisällysluettelo

1. Johdanto 1

2. Maaperä 3

2.1 Mitä on maaperä? 3

2.2 Teollisuuden muokkaama maaperä 4

2.3 Pilaantuneen ja heikentyneen maaperän käsittelykeinoja 5

3. Ekologia 7

3.1 Mitä on ekologia? 7

3.2 Jälkiteollinen luonto 8

3.3 Ekologinen ennallistaminen jälkiteollisilla alueilla 10

4. Tapaustutkimus: Duisburg-Nord 12

4.1 Terästehtaasta maisemapuistoksi 12

4.2 Purkujätteet ja maaperä osana maisemasuunnittelua 15

4.3 Teollisuusalueesta elinympäristöksi 17

5. Yhteenveto ja johtopäätökset 19

Lähdeluettelo 22

Johdanto

1700- luvun loppupuolella alkanut teollistumisen aikakausi on johtanut monien länsimaisten suurkaupunkien syntyyn ja vaurastumiseen. Teollisuuden mahdollistama talouskasvu ja työllisyys muokkasi valtioiden demografisia rakenteita, kun väestö muutti maaseudulta kaupunkeihin. Kivihiilen käyttö energialähteenä, höyryvoiman valjastaminen tuotantoon sekä terästeollisuuden kehittyminen yhdessä kaupungistumisen kanssa olivat merkittäviä harppauksia kohti teollisten yhteiskuntien syntymistä. Länsimaisen teollisuuden siivittämän kasvun aika kuitenkin päättyi lopulta 1900-luvulla alkaneeseen deindustrialisaation aikakauteen, mikä jatkuu vielä nykypäivänäkin. Talouskasvun ja tuotannon hidastuminen sekä globalisaation tuomat mahdollisuudet saivat aikaan teollisuuden muuttoliikkeen kohti tuotannon kannalta edullisempia maita, mikä on johtanut lukuisien tunnettujen länsimaisten teollisuusalueiden toiminnan lakkauttamiseen. (Braae, 2015, s. 22–23).

Teollinen toiminta jättää päättyessään jälkeensä alueita, joiden eliöyhteisöt ovat joko osittain tai täysin tuhoutuneita. Käytöstä poistuneet teollisuusalueet ovat kasvava ongelma muuttuvissa yhdyskunnissa ja jälkiteollisten alueiden elvyttämistä ja kaupunkitilan kierrättämistä onkin tutkittu viime vuosikymmeninä runsaasti niin kulttuurin, elämyksellisyyden, kuin kaupunkiekologiankin näkökulmista. Tässä kandidaatintyössä tarkastelen maisema-arkkitehtuurin vaikutusta erityisesti jälkiteollisten alueiden ekologisten ominaisuuksien elpymisen kannalta.

Koska teollinen toiminta vaikuttaa erityisesti maaperän ominaisuuksiin esimerkiksi eroosion ja saastumisen takia, keskityn tutkielmassa erilaisiin vaihtoehtoihin, joita voidaan käyttää laadultaan heikentyneen maaperän kunnostamiseen maisemasuunnittelun avulla. Tarkastelukohteena käytän Saksassa sijaitsevaa Duisburg-Nordin maisemapuistoksi muutettua entistä terästehtaan ja kivihiilikaivoksen aluetta. Kandidaatintyössä vastataan kysymykseen: **Minkälaisia vaikutuksia jälkiteollisen maaperän kierrättämisellä on ollut eliöstön kehittymisen kannalta Duisburg-Nordin entisellä teollisuusalueella?** Pohdin myös Duisburg-Nordissa käytettyjen maaperän käsittelymenetelmien mahdollisuuksia suomalaisten jälkiteollisten alueiden maisemasuunnittelun kannalta.

Esimerkkejä suomalaisista jälkiteollista maisemaa käsittelevistä tutkimuksista löytyy vain muutamia. Niistä voisi kuitenkin nostaa Rolf Aution ja Kaisla Rahkolan tekemät diplomityöt, joissa aihetta käsitellään jälkiteollisen maiseman historiallisuuden (Rahkola, 2021) sekä maisema-arkkitehtonisten mahdolli-

suuksien, kuten kaupunkiekologian ja kaupunkikulttuurin näkökulmista (Autio, 2021). Tämä kandidaatintyö täydentää tutkimusta tuomalla ekologisen ennallistamisen sekä maaperän käsittelyn näkökulman jälkiteollisen maiseman suunnitteluun. Koska vastaavanlaista tutkimusta ei Suomen maisema-arkkitehtuurikohteissa olla vielä päästy tekemään, valitsin tutkimuskohteeksi Duisburg-Nordin, josta on jo kyetty keräämään alustavia tuloksia teollisuuden muuttaman maaperän käsittelystä.

Maisema-arkkitehtuurin kannalta aihe on ajankohtainen, sillä tiivistyvissä kaupungeissa käytöstä poistuneiden teollisuusalueiden ennallistaminen on yksi keino korvata menetettyjä luontoalueita. Ennallistamisen avulla hylättyjä alueita voidaan palauttaa ihmisten ja muiden eliöiden käyttöön samalla säilyttäen niiden historialliset ja kulttuurilliset ominaispiirteet. Toisaalta aihe on ajankohtainen myös ilmastonäkökulmasta, sillä pilaantuneen maan loppusijoittaminen ja käsittely alkuperäisessä sijaintipaikassaan vähentää merkittävästi hiilidioksidipäästöjä verrattuna yleisesti käytössä olevaan maaperän vaihtoon.

Työ toteutetaan kirjallisuustutkimuksena erilaisten tieteellisten artikkeleiden sekä kirjallisuuden pohjalta. Lähdeaineistoni koostuu pääosin maisema-arkkitehtuurin, geologian sekä ekologian alan kirjallisuudesta ja tieteellisistä julkaisuista. Tämän tutkielman tärkeimmäksi lähteeksi nousi Duisburg-Nordin maisemapuiston pääsuunnittelijana toimineen maisema-arkkitehtuurin professori Peter Latzin (2016) kirjoittama kirja Rust Red, jossa käydään läpi perusteellisesti puiston suunnittelu- ja toteutustapoja sekä niiden avulla saavutettuja vaikutuksia alueen luontoon. Toinen tärkeä lähde on ollut tanskalaisen maisema-arkkitehtuurin professorin, Ellen Braaen (2015) teos Beauty Redeemed, jossa käsitellään laaja-alaisesti jälkiteollisen maiseman suunnittelua sekä alueiden syntyyn johtaneita tapahtumakulkuja. Merkittävänä lähteenä tutkielmassa on myös toiminut yhdysvaltalaisen biologian professorin Stuart K. Allisonin (2012) teos, jossa käsitellään ekologiseen ennallistamiseen liittyviä kysymyksiä, kuten ennallistamisen merkitystä, siihen liittyviä haasteita sekä tavoitteita.

Seuraavassa luvussa käsittelen lyhyesti maaperää sekä yleisimpiä entisten teollisuusalueiden maaperän ominaisuuksia ja käsittelykeinoja. Kolmannessa luvussa käyn läpi käytöstä poistuneiden teollisuusalueiden ekologisia ominaisuuksia sekä ekologista ennallistamista. Neljäs luku on tapaustutkimus Duisburg-Nordin maisemapuistosta, jossa keskityn kohteessa käytettyihin maaperänkäsittelymenetelmiin sekä niiden vaikutukseen alueen eliöyhteisöjen kehityksen kannalta.

2. Maaperä

Tässä luvussa käyn läpi maaperän ominaispiirteitä sekä teollisen toiminnan vaikutusta maaperän laatuun ja biodiversiteettiin. Tämän työn kannalta merkityksellistä on ymmärtää maaperän käsittelyn perusperiaatteet sekä yleisimmät käytännöt pilaantuneen tai laadultaan heikentyneen maaperän kunnostamiseen, joten esittelen menetelmät yleisellä tasolla.

2.1 Mitä on maaperä?

Maaperä on kallioperän päällä oleva irtain sekoitus eloperäistä materiaa ja kivennäisaineita, joka on syntynyt yhdessä elollisen ja elottoman luonnon sekä ilmastotekijöiden vaikutuksesta. Maaperä luo pohjan elolliselle luonnolle tarjoten muun muassa kasveille sopivan kasvualustan, josta ne saavat tarvittavat ravinteet sekä muut elämän edellytykset. (Pohrebennyk, ym., 2019.) Maaperä itsessään voi sisältää hyvin monimuotoisen yhdistelmän erilaisia eläviä organismeja mikroskooppisista sienistä ja bakteereista kastematoihin ja muurahaisiin (Orgiazzi, 2018). Toimiva ja elinvoimainen maaperä on olennainen osa hyvinvoivaa ympäristöä. Maaperän tuottamia ekosysteemipalveluita (ks. luku 3) ovat mm. ruoka, raaka-aineet, lääkkeet ja puhdas pohjavesi. Lisäksi maaperä sitoo ilmakehästä hiiltä ja sen sisältämät ekosysteemit pitävät yllä ravinteiden kiertokulkua hajottamalla kuollutta kasvi- ja eläinmassaa muiden eliöiden hyödynnettäväksi. Elävä ja hyvinvoiva maaperä voidaan luokitella uusiutumattomaksi tai hitaasti uusiutuvaksi luonnonvaraksi. (SYKE, 2023a.)

Maaperää kuluttavia prosesseja kutsutaan eroosioksi. Auringosta energiansa saavat eroosiovoimat, kuten tuuli ja virtaava vesi, irrottavat, kuljettavat ja kasaavat maa-ainesta paikasta toiseen. Maaperän kyky vastustaa eroosiovoimia vaihtelee maaperän koostumuksen eli maalajien mukaan. Esimerkiksi raekooltaan pienet, hyvin vettä läpäisevät ja huokoiset maalajit, kuten hiesu, hieta ja hiekka ovat erityisen herkkiä eroosiolle, sillä vähäinenkin virtaava vesi pystyy irrottamaan ja kuljettamaan maaperästä irtoavia hiukkasia. Kasvillisuus suojaa maanpintaa pintaeroosiolta vähentämällä veden pintavaluntaa ja sitomalla maaperää juurten avulla. Luonnollisen eroosion lisäksi ihmisen toiminta voi kiihdyttää eroosiota paikallisesti esimerkiksi maanmuokkauksen tai viljelyn seurauksena. (Keto, 2022.)

Maaperän biokemiallisiin prosesseihin vaikuttaa happamuus, eli pH- arvo. Maaperän pH-arvon vaihteluväli on 1–14. Happamassa, matalan pH:n omaavassa maaperässä ravinteet ovat liukoisessa muodossa, kun taas emäksisessä maaperässä ne ovat sitoutuneina maaperän hiukkasiin. Kasvillisuus viihtyy useim-

miten neutraalissa tai lievästi happamassa maaperässä (pH 5.5–7.5), jossa ravinteet ovat sopivan liukoisessa, kasvillisuuden hyödynnettävässä muodossa. Lähellä neutraalia oleva maaperän pH on optimaalisin myös maaperän mikrobitoiminnan kannalta. (Oshunsanya, 2019.)

2.2 Teollisuuden muokkaama maaperä

Ihmisen toiminnan seurauksena maaperään voi päästä ympäristölle ja ihmiselle vaarallisia tai haitallisia aineita. Erityisesti teollinen toiminta on yksi suurimmista maaperän pilaantumisen aiheuttajista (ELY-keskus, 2023). Teollisuuden jäljet maaperässä vaihtelevat sen mukaan, minkä tyyppistä teollisuutta alueella on harjoitettu. Aiheesta tehtyjen tutkimusten perusteella jälkiteollisten alueiden maaperän yhteisiksi ominaispiirteiksi nousee kuitenkin voimakas eroosio, pH-arvoltaan sekä lämpöolosuhteiltaan vaihtelevat, ihmisen tuottamat uudentyyppiset ”maalajit” sekä erilaiset haitta-aineet, kuten raskasmetallit tai polysykliset aromaattiset hiilivety-yhdisteet. (Allison, 2012, s. 174), (Hakeem, K. R., Akhtar, M. S., & Abdullah, S. N. A., 2016, s. 70), (Kirkwood, 2001, s.7.)

Raskasmetallit ovat metalleja, jotka ovat tiheydeltään yli 4.5 g / cm^3 (Kicińska, Pomykała, Izquierdo-Diaz, 2021). Luonnossa raskasmetallit voivat olla sitoutuneina maaperän mineraaleihin sekä orgaanisiin, eli eloperäisiin yhdisteisiin, tai olla vapaassa muodossa eli ionisoituneena metallina. Raskasmetallien olomuodoista pääasiassa vain ionisoitunut, ns. biosaatavassa muodossa oleva metalli on eliöille vaarallinen, sillä sen on mahdollista kulkeutua kasvi- ja eläinsoluihin. (SYKE, 2023b.) Raskasmetallien olomutoon vaikuttaa erityisesti maaperän pH, jonka madaltuessa raskasmetallien liukoisuus kasvaa. (Kicińska, ym., 2021).

Maaperä luokitellaan pilaantuneeksi siinä vaiheessa, kun haitta-ainepitoisuudet alkavat vaikuttaa ihmisen tai ympäristön terveyteen (EEA, 2023a). Hakeemin, Akhtarin, & Abdullahin (2016) mukaan raskasmetalleista sinkki, kupari, nikkeli ja kromi ovat pieninä määrinä välttämättömiä hivenaineita kasveille ja muille eliöille, mutta esimerkiksi kadmium, elohopea sekä lyijy ovat eläville organismeille myrkyllisiä, vaikka niiden pitoisuus maaperässä olisi vähäinen. Pilaantuneessa maaperässä juuri edellä mainitut raskasmetallit aiheuttavat paikallisen maaperän mikrobiston monimuotoisuuden vähenemistä, toisaalta lisäten stressiä sietävien lajien määrää suhteessa muihin. (Hakeem, Akhtar, & Abdullah, 2016, s. 70.) Raskasmetallit eivät ole biohajoavia, joten niiden pitoisuudet maaperässä kasvavat ajan myötä, aiheuttaen terveysriskejä muun muassa saastuttamalla pohjavettä tai rikastumalla kasvillisuuden kautta ruokaketjuihin. (Hattab-Hambli, Lebrun, Miard, Le Forestier, Bourgerie & Morabito, 2020). Raskasmetallipitoinen maaperä haittaa myös kasvillisuuden menestymistä sekä rajoittaa ekologisen sukkession etenemistä saastuneilla alueilla (Pająk, Błońska, Szostak, Gąsiorek, Pietrzykowski, Urban, & Derbis, 2018).

2.3 Pilaantuneen ja heikentyneen maaperän käsittelykeinoja

Pilaantuneen maaperän puhdistamiseen on olemassa monentyyppisiä käsittelykeinoja, jotka vaihtelevat mekaanisesta tai kemiallisesta puhdistamisesta saastuneen maaperän loppusijoitukseen ja varastoimiseen. Maaperän puhdistaminen voidaan toteuttaa joko paikan päällä kaivamatta maata tai siirtämättä pohjavettä (**in-situ**), kaivamalla ja käsittelemällä pohjavettä ja maaperää paikan päällä (**on-site**) tai siirtämällä maaperää tai pohjavettä muualle käsiteltäväksi (**off-site**). Pilaantuneen maaperän puhdistusmenetelmien valintaan vaikuttavat muun muassa maalajit, haitta-aineiden lukumäärä, laatu, laajuus sekä pitoisuudet. Lisäksi valintaan vaikuttavat myös aikarajoitteet sekä taloudelliset ja ympäristölliset tekijät. (Pirkanmaan ELY-keskus, 2023.)

Suomessa pilaantuneiden maa-alueiden puhdistaminen tapahtuu nykypäivänä pääsääntöisesti massanvaihtona, jossa pilaantunut maa-aines kuljetetaan muualle loppusijoitettavaksi, käsiteltäväksi tai välivarastoitavaksi. 2010- luvulla haitta-ainepitoista maa-ainesjätettä on vastaanotettu loppusijoitus- ja käsittelypaikoille vuosittain 1–2 miljoonaa tonnia. (Jylhä, Pyy, 2020, s. 19.) Massanvaihto on runsaasti energiaa kuluttava keino käsitellä pilaantunutta maata, sillä maaperä joudutaan kuljettamaan kuorma-autoilla käsittely- ja loppusijoituspaikkoihin. Toisaalta keino on tehokas ja nopea tapa saada pilaantuneet maa-alueet käyttöön ja suojella ympäristöä haitta-aineiden leviämiseltä.

Muita yleisiä keinoja maaperän haitta-aineiden hallintaan ja käsittelyyn ovat mm. maaperän eristäminen ja haitta-aineiden stabilointi sekä biologiset puhdistusmenetelmät. Maaperän eristäminen (Capping) tarkoittaa pilaantuneen materiaalin eristämistä ympäristöstä rakenteella, joka estää haitta-aineiden leviämisen ympäristöön. Eristäminen perustuu fysikaaliseen suojaan, jonka avulla suojataan haitta-ainepitoinen maaperä sade- ja sulamisvesiltä sekä tuulelta. Rakenteella hallitaan myös mahdollisten kaasujen haihtumista maa-aineksesta. Menetelmää on käytetty mm. kaatopaikkojen sulkemiseen sekä saastuneiden alueiden maisemointiin ja sen avulla on voitu palauttaa pilaantuneita alueita virkistyskäyttöön. Eristäminen ei poista haitta-aineita maaperästä, mutta on nopea ja tehokas keino estää haitta-aineiden leviämistä ympäristöön. (EPA, 2012a.)

Laajemmilla alueilla Yen, Wang & Liun (2022) mukaan kustannustehokkain ja nopein tapa käsitellä raskasmetallien saastuttamaa maaperää on kemiallinen stabilointi, jossa maaperään lisätään raskasmetalleja sitovia ja niiden kemiallista muotoa muuttavia ainesosia. Stabilointiaineina voivat toimia tilanteen

mukaan erilaiset mineraalit, orgaaniset materiaalit tai biohiili. Menetelmä ei poista ongelmaa lopullisesti, mutta estää haitta-aineiden leviämistä ympäristöön sekä kasvillisuuteen ja siten alentaa ympäristöön ja ihmisiin kohdistuvaa riskiä. (Ye, Wang & Liu, 2022.)

Maisema-arkkitehtuurin kannalta yksi kiinnostavimmista in-situ puhdistusmenetelmistä on fytoremediaatio, eli kasvillisuuden avulla tapahtuva maaperän biologinen puhdistaminen. Fytoremediaatiossa kasvien kykyä varastoida, muuttaa tai haihduttaa haitta-aineita hyödynnetään osana pilaantuneen maaperän puhdistamista. Haitta-aineet voivat myös tarttua kasvien juuriin, jolloin maaperän mikrobit pääsevät tehokkaammin hajottamaan aineita vähemmän haitalliseen muotoon. Lisäksi kasvillisuus auttaa hidastamaan pilaantuneen pohjaveden liikkumista, sillä syvälle ulottuvat puiden juuret pumppaavat vettä pois maan syvemmistä kerroksista. Fytoremediaatiota voidaan käyttää raskasmetallien, torjunta-aineiden, räjähteiden sekä öljyn saastuttamaan maaperään. (EPA, 2012b.)

Fytoremediaatio on perinteisiin, maaperän kaivamista tai siirtämistä vaativiin puhdistusmenetelmiin verrattuna edullinen ja ympäristöystävällinen vaihtoehto maaperän puhdistamiselle. Menetelmän haasteina ovat kuitenkin kasvillisuuden menestymistä rajoittavat tekijät, kuten maaperän haitta-aineiden voimakkaat pitoisuudet, ilmasto, juurien saavuttamattomissa olevat haitta-aineet sekä puhdistusprosessin hitaus. Fytoremediaation mahdollisuuksia on kuitenkin tutkittu viime aikoina runsaasti ja erityisesti yhdistämällä menetelmää muihin, perinteisesti käytettyihin puhdistustapoihin on voitu saavuttaa lupaavia tuloksia sekä merkittäviä säästöjä puhdistukseen käytetyissä kustannuksissa. (Pilon-Smits, 2005.)

3. Ekologia

Käytöstä poistuneiden teollisuusalueiden suunnittelun kannalta ekologia on olennaisessa osassa, sillä laadultaan heikentyneiden ympäristöjen suunnittelu vaatii ymmärrystä ekosysteemien toiminnasta. Tässä luvussa käyn läpi entisten teollisuusalueiden ekologiaan liittyviä aiheita, kuten ekologista ennallistamista sekä jälkiteollisten alueiden potentiaalia uudenlaisten ekosysteemien kehittymisen ja luonnon monimuotoisuuden kannalta.

Käytöstä poistuneella teollisuusalueella tarkoitetaan tässä tutkielmassa paikkaa, joka on teollisuustoiminnan lakattua menettänyt alkuperäisen merkityksensä ja lopulta päätynyt hylätyksi joutomaaksi. Käytöstä poistuneille teollisuusalueille ominaista on ihmisen toiminnan myötä voimakkaasti muuttunut ja laadultaan heikentynyt ympäristö, jonka eliölajisto yhdessä ympäristön elottomien eli abioottisten ominaisuuksien osalta poikkeaa merkittävästi alueella tyypillisesti esiintyvästä luonnosta (Allison, 2012, s. 174). Käytän termiä ”jälkiteollinen luonto” yleisnimityksenä käytöstä poistuneille teollisuusalueille kehittyneistä ekosysteemeistä.

3.1 Mitä on ekologia?

Ekologia on monitieteinen biologian osa-alue, joka tutkii eliölajien ja niiden elollisen (bioottisen) ja elottoman (abioottisen) ympäristön vuorovaikutussuhteita sekä eliöiden jakautumista ja runsautta eri alueilla. Ekologia liittyy myös evoluutioon ja lajien sopeutumiseen vallitsevissa olosuhteissa ja sitä voidaan tutkia niin DNA-, eliö-, populaatio-, kuin ekosysteemitasolla. (Clark, M., Choi, J., & Douglas, M. 2018, luku 44.1.) Tähän työhön liittyy ekologinen tutkimus erityisesti ekosysteemitasolla.

Ekosysteemi on jollain tietyllä alueella toimiva abioottisten ja bioottisten ympäristötekijöiden muodostama kokonaisuus. Bioottisiin ympäristötekijöihin kuuluvat kaikki elävät organismit mikrobeista nisäkkäisiin, kun taas abioottisiin tekijöihin kuuluvat kaikki elottomat ympäristötekijät, kuten ilma, vesi ja maaperä. Ekosysteemiekologiassa tarkastellaan erityisesti ravinteiden ja energian kiertoa ja varastoitumista näiden elollisten ja elottomien ympäristötekijöiden välillä. (Clark, M. ym. 2018, luku 44.1.)

Ekologiaan liittyy olennaisena osana luonnon monimuotoisuuden tutkiminen. Luonnon monimuotoisuus eli biodiversiteetti on termi, joka yksinkertaisimmillaan kuvaa ekosysteemien, lajien sekä geenien kirjoa maailmassa tai tietyssä luontotyypissä. Termiä voidaan käyttää myös laajemmin kuvaamaan eliöiden monimutkaisia vuorovaikutussuhteita elollisen ja elottoman luonnon välillä. Luonnon monimuotoi-

suutta voidaan tarkastella eri tasoilla geneettisestä monimuotoisuudesta aina eloyhteisöjen, eli biomien monimuotoisuuteen asti (Laverty, Sterling, Chiles, Cullman, 2008, s. 2.)

Monimuotoinen luonto hillitsee ilmastonmuutosta ja toisaalta auttaa myös lajeja sopeutumaan muuttuvaan ympäristöön (YK, 2022). Luonnon monimuotoisuus mahdollistaa myös niin ympäristön, kuin ihmisenkin olemassaolon kannalta välttämättömien ekosysteemipalvelujen, kuten puhtaan ilman ja veden sekä pölytyksen ja sitä kautta myös ruoantuotannon. (EEA, 2023b.)

3.2 Jälkiteollinen luonto

Jälkiteollinen luonto voidaan luokitella niin sanotuksi uudentyyppisiksi ekosysteemeiksi (novel ecosystems). Ekologian professori Richard Hobbsin mukaan uudentyyppisillä ekosysteemeillä on kaksi päätunnuspiirrettä: 1) uudet lajiyhdistelmät, jotka voivat muuttaa ekosysteemin toimintaa sekä 2) ihmisen vaikutus, eli ihmisen tahallisesta tai tahattomasta toiminnasta muodostuneet uudenlaiset ekosysteemit, jotka eivät tarvitse toimiakseen ihmisen ylläpitoa. Uudentyyppiset ekosysteemit sijoittuvat koskemattoman villin luonnon ja voimakkaasti ihmisen vaikutuksen alaisena olevan ympäristön välimaastoon. (Hobbs, ym., 2006.)

Jälkiteollisen luonnon erityispiirteisiin kuuluu varsinkin kasvillisuuden osalta ekologinen sukkessio eri kehitysvaiheineen. Sukkessio kuvaa ekosysteemissä ajan kuluessa tapahtuvia muutoksia ja se voidaan jakaa primääri- ja sekundäärisukkessioon sen perusteella, mikä on ekosysteemien kehityksen lähtökohta. Primäärisukkessiossa lähtökohtana alue, johon maaperää ei ole ehtinyt kehittyä tai jossa maaperä on täysin steriili. Tästä esimerkkinä toimii mm. maankohoamisen tai tulivuorenpurkauksen seurauksena syntyneet alueet. Sekundäärisukkessiota taas tapahtuu esimerkiksi metsäpaloalueilla, jossa maaperä on jo entuudestaan olemassa. Sukkession alkuvaiheessa lajisto muuttuu nopeammin, kun alueella kasvaa pääosin ruohovartisia, yksivuotisia kasveja. Muutos hidastuu lähestyttäessä sukkession vakaampaa kliimaksivaihetta, kuten esimerkiksi täysikasvuista havumetsää. (Biology dictionary, 2020.)

Hodecekin, Kurasin, Siposin & Dolnyn (2015) mukaan teollisuuden hylkäämillä alueilla raunioitumisen, purkutöiden sekä erilaisten maaperään vaikuttavien toimien seurauksena ekologista sukkessiota tapahtuu monesti yhtäaikaisesti eri vaiheissa, mikä voi lisätä luonnon monimuotoisuutta paikallisella tasolla. Erityisesti primäärisukkession alkuvaiheissa alueen abioottiset tekijät vaikuttavat merkittävästi lajiston kehittymiseen (Hodecek, Kuras, Sipos, & Dolny. 2015.) Myös Kendlen ja Forbesin (1997) mukaan teollisuuden hylkäämille joutomaille voi kehittyä hyvinkin monipuolinen eläin- ja kasvilajiyhteisö, sillä

jälkiteolliset alueet ovat monesti kasvuolosuhteiltaan vaihtelevia. Maaperän pH-arvon, veden läpäisevyyden sekä ravinnepitoisuuden vaihtelut voivat kokonaisuutena kasvattaa alueen monimuotoisuutta, vaikka erikseen tarkasteltuna yksittäisten kasvualustojen kasvillisuus olisi suhteellisen vähäistä. Jälkiteollisten alueiden kasvualustat voivat myös poiketa huomattavasti alueelle tyypillisestä maaperästä, mikä voi houkutella alueelle lajeja, jotka muussa tapauksessa olisivat alueella harvinaisia. (Kendle, T., Forbes, S. 1997, s. 16,17.)

Kuva 2: Sukkession alkuvaihetta entisillä junaraiteilla.

Toisaalta lajien runsaus itsessään ei välttämättä kerro suoraan ekosysteemien hyvinvoinnista. Erityisesti metallinjalostukseen keskittyneillä teollisuusalueilla muualta tuodun malmin mukana alueelle voi kulkeutua haitallisia vieraslajeja (Yu, Fan, Gadagkar, Albright, Li, Xue, Xu, Huanng, Shao, Ding, Zhou, Hu, Li, 2020). Vieraslajeiksi kutsutaan kasveja, eläimiä tai muita eliölajeja, jotka pääsevät levittäytymään uusille alueille ihmisen avustuksella luontaisten leviämisesteiden, kuten mantereen, meren tai vuoriston yli (MMM, LUKE, 2020). Useimmissa tapauksissa vieraslajit eivät sopeudu uuteen ympäristöön ja katoavat ajan kuluessa, mutta joissain tapauksissa lajit menestyvät niin hyvin, että ne alkavat tuottaa haittavaikutuksia alueen alkuperäiselle luonnolle. Kasvikunnan haitalliset vieraslajit ovat yleensä tehokkaita levittäytyjiä, jotka vievät elintilaa muilta lajeilta ja tukahduttavat alueen alkuperäistä kasvillisuutta. (WWF Suomi.)

3.3 Ekologinen ennallistaminen jälkiteollisilla alueilla

Ekologiseen ennallistamiseen erikoistunut maailmanlaajuinen yhteisö Society of Ecological restoration määrittelee ekologisen ennallistamisen seuraavalla tavalla: Ekologinen ennallistaminen on tarkoituksenmukaista toimintaa, jossa nopeutetaan ekosysteemin toipumista kiinnittäen erityistä huomiota sen terveyteen, eheyteen sekä kestävyyteen. Useimmiten ennallistamista tarvitseva ekosysteemi on heikentynyt, vahingoittunut, muuttunut, tai tuhoutunut kokonaan ihmisen aiheuttaman suoran tai välillisen toiminnan seurauksena. Ennallistamisella pyritään palauttamaan laadultaan heikentynyt ekosysteemi sen alkuperäiseen tilaan. (SER, 2022.)

Jälkiteollisten alueiden ekologiaa tutkineen Biologian professori Laura Merwinin mukaan perinteinen ajatus palauttaa teollisuusalueet alkuperäiseen tilaansa on ongelmallinen, sillä teollinen toiminta aiheuttaa monessa tapauksessa radikaaleja ja peruuttamattomia muutoksia alueen eliölajistoon sekä abioottisiin ominaisuuksiin. Ennallistamisen menetelmät ja ennallistettavien alueiden määritelmät taas rajautuvat lähinnä korkealaatuisten ja historiallisesti merkittävien tai vähintään ennallistamispotentiaalin omaavien, jossain määrin kärsineiden alueiden kunnostamiseen. Tästä syystä jälkiteollisten alueiden ekologinen ennallistaminen on monesti jäänyt luonnonsuojelun ammattilaisten silmissä väliinputoajaksi. (Merwin, ym. 2022.)

Myös Allisonin (2012) mukaan perinteistä ajatusta ekologisesta ennallistamisesta tulisi jälkiteollisten alueiden yhteydessä päivittää. Ekologisen ennallistamisen tavoite palauttaa ympäristö alkuperäiseen tilaansa on useimmiten mahdoton toteuttaa, sillä jälkiteolliset alueet ovat äärimmäisen haastavia ennallistamiskohteita. Käytöstä poistuneiden teollisuusalueiden maaperä maastonmuotoineen on voinut esimerkiksi kaivostoiminnan, ja sen tuottamien jätemateriaalien läjityksen seurauksena saattanut muuttua alkuperäisestä tilastaan täysin ja alueet kärsivät monesti voimakkaasta eroosiosta. Teollisuuden jäljiltä maaperään ja vesistöihin on myös voinut jäädä myrkyllisiä kemikaaleja. Näin ollen joissain tapauksissa paras tapa auttaa ennallistamisprosessi alkuun onkin tehdä vain kaikista välttämättömimmät parannukset, kuten vähentää eroosiota parantamalla maaperää sekä eristää tai poistaa vaarallisimmat maa-alueet, jonka jälkeen luonto pääsee valtaamaan takaisin menetettyjä alueitaan. (Allison, 2012, s.174.)

Allisonin (2012) mukaan jälkiteollisten alueiden ennallistamiseen voidaan käyttää erilaisia menettelyjä riippuen siitä, mitä maisemassa halutaan säilyttää. Monesti teollisuusalueiden läheisyydessä asuneet ihmiset toivovat alueiden täydellistä ennallistamista, sillä hylätyt alueet muistuttavat heitä yhteisöä koetelleesta ekonomisesta katastrofista ja menetyksistä. Allison kuitenkin toteaa, että toimivin tapa ennallistaa entisiä teollisuusalueita olisi monikäyttöisen, alueen ekonomiaa ja sosiaalisia toimintoja tukevan sekä luonnonmonimuotoisuutta edistävän maiseman luominen. Ekologisten toimintojen tukeminen luo tilaa luonnon monimuotoisuudelle sekä ekosysteemipalveluille, kun taas kulttuurilliset ja sosiaaliset toiminnot luovat mahdollisuuksia virkistäytymiseen sekä alueen identiteetin vahvistamiseen. (Allison, 2012, s. 174.)

Seuraavassa kappaleessa avaan entisen kaivos- ja terästeollisuusalueen ennallistamisprosessia tapaustutkimuksen avulla. Tutkimuksen kohteena toimii Duisburg-Nordin maisemapuisto, jossa on sovellettu uudenlaista tapaa ennallistaa voimakkaasti muuttunutta ja heikentynyttä luontoa sekä tunnistettu alueen potentiaali ihmisen ja luonnon vuorovaikutuksen kautta muodostuneena ympäristönä.

Kuva 3: Jälkiteollista maisemaa Duisburg-Nordissa.

4. Tapaustutkimus: Duisburg-Nord

Tässä luvussa käyn läpi Duisburg-Nordin teollisen historian kehityskulkua kaivos- ja terästeollisuuden ajalta nykypäivään. Lisäksi tarkastelen kohteessa käytettyjä maaperän käsittelykeinoja sekä uusiokäyttöä. Lopuksi käyn läpi kohteessa käytettyjen maaperän käsittelykeinojen vaikutusta alueen ekologisiin ominaisuuksiin.

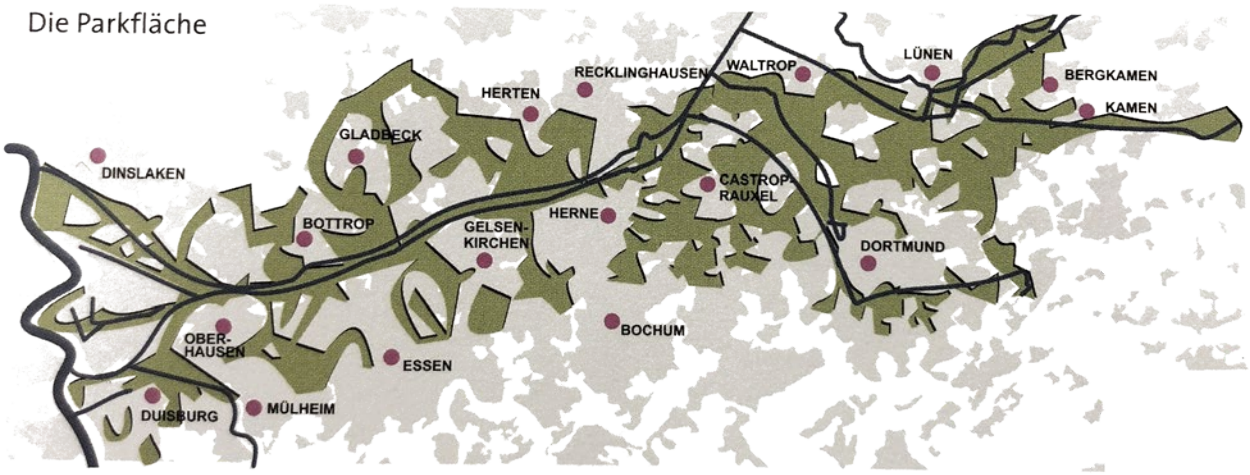
Valitsin käsittelykohteeksi Duisburg-Nordin maisemapuiston, sillä kyseisen jälkiteollisen alueen suunnittelussa on onnistuttu käsittelemään koko suunnittelualueen pilaantuneet maamassat alkuperäisessä sijaintipaikassaan ja lisäksi pyritty edistämään maaperän luonnollisia puhdistumisprosesseja. Toisaalta puistosuunnitelman keskiöön on myös nostettu alueelle jo entuudestaan kehittyneet ekosysteemit, joista on suunnittelun ja maisema-arkkitehtonisten interventioiden avulla muokattu paremmin ympäristöä ja ihmistä palvelevaksi kokonaisuudeksi.

4.1 Terästehtaasta maisemapuistoksi

Duisburg on osa Ruhrin kaupunkikeskittymää, joka sijoittuu Saksan länsiosaan Nordrhein-Westfalenin osavaltioon. Suurten kivihiili- ja rautamalmiesiintymän päälle kehittynyt Ruhr on tunnettu yhtenä Euroopan suurimmista teollisuusalueiden keskittymistä ja se toimi vuosikymmeniä Saksan talouden merkittävänä ajurina (Braae, 2015, s. 50).

Duisburgin alueella on harjoitettu kivihiilen louhintaa sekä laaja-alaista terästeollisuutta 1800-luvulta lähtien. Duisburgin terästehdas perustettiin vuonna 1811 ja sen toiminta kasvoi raideliikenteen suosion sekä teräksen valamistekniikan kehittymisen myötä nopeasti, johtaen lopulta vuonna 1891 yhdistymiseen tehtaan lähellä sijaitsevan hiilikaivoksen kanssa. (ThyssenKrupp, 2022.) 1800-luvulla rakennetut tuotantolaitokset ja teknologia alkoivat kuitenkin tulla uudempien tuotantotapojen kehittyessä tiensä päähän, mikä johti tuotannon vähenemiseen 1970 ja 1980-lukujen aikana sekä lopulliseen tuotannon päättymiseen. Koska teollisuus on ollut Ruhrin alueen syntymisen ja kehittymisen keskiössä, sen lakkauttaminen on ollut erityisen kova isku alueelle. (Braae, 2015, s. 50.)

Ruhrin alueen suunnittelusta laadittiin vuonna 1989 kehitysohjelma, Internationale Bauausstellung Emscher Park (IBA). Kehitysohjelman tavoitteena oli uudistaa Ruhrin alueen ekologiset, ekonomiset ja sosiaaliset rakenteet puhdistamalla ympäristöä, tuottamalla uusia asuinrakennuksia ja uudelleenkäyttämällä teollisuusinfrastruktuuria. IBAn keskiössä oli Emscher puisto, jossa alueen entiset varjopuolet, kuten käytöstä poistuneet teollisuusalueet sekä joutomaat muutettiin maisemasuunnittelun avulla koko seudun voimavaraksi. Emscher puiston kokoavana tekijänä toimii Emscher-joki, joka muutettiin teollisuuden aikaisesta avoviemäristä takaisin puhtaaksi ja houkuttelevaksi vesistöksi. IBA:n lopputuloksena syntyi pinta-alaltaan 450 neliökilometrin kokoinen viherverkosto, joka ulottuu Duisburgista Kameniin asti. (Braae, 2015, s. 50.)



Kuva 4: IBA-Emscher kehitysohjelman laajuus.

Duisburg-Nordin 180 hehtaarin kokoisen osa-alueen suunnittelun voitti saksalainen maisema-arkkitehtitoimisto Latz + Partner, jonka suunnitelma poikkesi aikakauden tyypillisestä tavasta poistaa vanhat teollisuuden rakenteet sekä maaperä uuden suunnitelman tieltä. Sen sijaan, että teollisesta historiasta olisi pyritty eroon, maisema-arkkitehti Peter Latz näki teollisuuden ja luonnon muodostaman symbioosin mahdollisuutena luoda elämyksellistä ja alueen historiaa kunnioittavaa maisema-arkkitehtuuria. (Braae, 2015, s. 10.) Puiston suunnittelu aloitettiin vuonna 1991 ja sen ensimmäiset osat avattiin yleisölle vuonna 1994 (Landschaftspark, 2023a).

Jotta entisen teollisuusympäristön kehitystä uudenlaiseksi luontokohteeksi pystyttiin seuraamaan, Duisburg-Nordin maisemapuiston yhteyteen perustettiin vuonna 2005 Länsi-Ruhrin biologinen tutkimusasema. Tutkimusaseman henkilökunta kerää tieteellistä aineistoa alueen kasvillisuudesta ja eläimistöstä ja on osallisena puiston huolto- ja kehitysprojekteissa (Landschaftspark, 2023b). Biologisen tutkimusaseman johtajana toimii maantieteiden tohtori Peter Keil, jonka lisäksi asemalla työskentelee laaja-alaisesti eri luonnontieteiden osa-alueisiin suuntautuneita tutkijoita, kuten maantieteilijöitä, ekologeja ja biologeja. (BSWR, 2022a.)

Kuva 5 & 6: Sintterisäiliöt ennen ja jälkeen.

4.2 Purkujätteet ja maaperä osana maisemasuunnittelua

Terästeollisuus ja kaivostoiminta jättivät jälkeensä valtavan määrän kaivosjätteen muodostamia kukkuloita, hankalakulkuisia suoalueita sekä kemikaalien ja raskasmetallien saastuttamaa maaperää. Maaperän täydellinen puhdistaminen ja teollisuuden jäänteiden poistaminen ei kuitenkaan ollut suunnittelun kannalta varteenotettava vaihtoehto, sillä se olisi tullut jo valmiiksi ekonomisesti kärsineelle alueelle liian kalliiksi ja olisi samalla pyyhkinyt pois alueen kulttuurihistorian. Tästä syystä Duisburg-Nordin suunnittelun tavoitteena oli tehdä alueesta riittävän turvallinen, jotta se saatiin palautettua ihmisten käyttöön. Kohdetta suunniteltaessa ei ollut vakiintunutta ja varmaa tapaa ennallistaa jälkiteollisia kohteita, joten alue päätettiin jättää pääosin senhetkiseen tilaansa ja hoitaa sitä mukaa, kun parempia keinoja löydetään. Käytännössä tämä tarkoitti sitä, että kaikista saastuneimmat alueet suljettiin käyttäjiltä ja joissain tapauksissa suurimmat vaaraa aiheuttavat haitta-aineet kerättiin ja loppusijoitettiin turvallisiin säilöihin. Suunnittelussa haluttiin myös välttää saastuneen maaperän peittämisen paksulla savikerroksella, jotta maaperän luonnolliset puhdistusprosessit pääsevät tapahtumaan. (Allison, 2012, s. 177–178.)

Latzin (2016) mukaan saastuneen maaperän suunnittelussa oli tärkeää ottaa huomioon uusien kemiallisten yhdisteiden hallitsematon muodostuminen, jota tapahtui lämpötilan, kosteuden ja paineen vaihteluiden seurauksena. Puhdistusmetodien valintaan vaikutti myös tieto haitta-aineiden alkuperästä ja liukoisuudesta sekä alueiden tulevista käyttötarkoituksista. Tähän pohjautuen Duisburg-Nordissa toteutettiin erityyppisiä saasteidenhallintametodeja, jotka vaihtelivat asteittaisesta puhdistamisesta haitta-aineiden turvalliseen varastointiin. (Latz, 2016, s. 109.)

Esimerkkinä haitta-ainepitoisen materiaalin säilömisestä ja kierrättämisestä toimii entisen sintrauslaitoksen alue (Sinter garden), joka jouduttiin purkamaan lähes kokonaan korkean raskasmetalli- ja PAH-pitoisuuden takia. Purkujätettä syntyi yhteensä 3200 kuutiometriä, joka tutkittiin haitta-ainepitoisuuksien varalta. Jätteestä 1200 kuutiometriä oli liian saastunutta kierrätettäväksi tai käytettäväksi kasvualustana, joten se loppusijoitettiin sintrauslaitoksen siiloihin ja eristettiin ympäristöstä betonikuoren ja bitumikerroksen avulla. Eristekerroksen päälle rakennettiin kierrätysmateriaalista ja mullasta kasvualusta, jonka päälle istutettiin kasvillisuutta. Sintrauslaitoksen purkujätteen hyödyntäminen ja säilöminen paikan päällä säästi Latzin mukaan yhteensä noin 500 kuorma-autokuljetusta. (Latz, 2016, s. 220.)

Muita voimakkaasti saastuneita osa-alueita olivat rikastushiekan saostusaltaat sekä arsenikkiliejua sisältäneet kirkastusaltaat. Näistä rikastushiekan saostusaltaat täytettiin 1–2 metriä paksulla sora- ja multakerroksella, jonka päälle istutettiin niittykasvillisuutta, kun taas kirkastusaltaiden sisältämä lieju kuivatettiin ja varastoitiin tynnyreissä entisiin kaivostunneleihin. (Latz, 2016, s. 109.) Nykypäivänä nämä

viisi metriä syvät kirkastusaltaat toimivat sadevettä varaavina tankkeina, joissa elää yli sata harvinaista lammikkomeduusalajia edustavaa yksilöä (Landschaftspark Duisburg-Nord, 2023c).

Biologisen tutkimusaseman BSWR (2023) mukaan on tärkeää, että haitta-ainepitoinen maaperä on raekooltaan karkeaa, jotta kasvien juuret ja vesi eivät pääse levittämään haitta-aineita. Karkeassa maaperässä myös ravinteita on saatavilla niukasti, mikä on johtanut erityisesti pioneerilajien runsauteen alueella. (BSWR, 2023b.)

Eräs Latzin innovaatioista Duisburg-Nordin maisemapuistossa oli alueelta löydettyjen teollisuuden jäänteiden sekä purkujätteen hyödyntäminen kasvualustoina. Town garden oli puiston ensimmäinen osaprojekti, jossa alun perin jätteeksi luokitelluista materiaaleista rakennettiin kasvualustoja. Puutarhaan rakennettiin teräspalkeilla rajattuja istutusalueita, joihin kerättiin terästehtaan alueelta löydettyjä materiaaleja, kuten samottia (poltettua ja murskattua saviainesta), metallilevyjä, ruuveja sekä erilaisia tiiliä. Istutusalueille muodostui lyhyessä ajassa kyseistä kasvualustaa suosivaa kasvillisuutta. (Latz, 2016, s. 22-25.) Duisburg-Nordin biologinen tutkimusasema on julkaissut sivuillaan teollisen metsän kehittymistä kuvaavan kaavion, jossa tämä kovien materiaalien muodostamalle kasvualustalle kehittynyt sammal- ja jäkäläkasvusto edustaa ekologisen sukkession ensimmäistä, eli pioneerivaihetta. Uuden maaperän muodostumisen prosessi käynnistyy, kun tämä pienimuotoinen kasvillisuus alkaa muodostaa irtonaista uutta maa-ainesta sekä humusta ja jo muutaman vuoden kuluessa ensimmäiset perennat, eli monivuotiset ruohovartiset kasvit pääsevät levittäytymään alueelle. (BSWR, 2023b.)

”all soils are habitats” – Peter Latz

Kuva 7 & 8: Teollisuuden kierrätysmateriaaleista tehtyjä kasvualustoja (vas) & Sammalkasvustoa samotista koostuvan kasvualustan päällä. (oik)

4.3 Teollisuusalueesta elinympäristöksi

Duisburg-Nordin teollisuusalueen eri vaiheissa tapahtuneet purkutyöt saivat aikaan sen, että alueelle kehittyi kasvupaikkaolosuhteiltaan monipuolisia ja eri sukkessiovaiheissa olevia kasviyhdyskuntia. Juuri ennen suunnittelukilpailun käynnistämistä, vuosina 1987–1989 toteutetuissa kasvillisuusselvityksissä alueelta löydettiin yhteensä 298 eri kasvilajia. Lajeista 30 prosenttia oli jälkiteollisen alueen poikkeuksellisista olosuhteista hyötyviä vieraslajeja. Alueella tavattiin myös 11 kasvilajia, jotka on luokiteltu WWf:n punaisessa kirjassa uhanalaisiksi. Lisäksi alueella havaittiin noin 80 erilaista kasvillisuusaluetta, joista suhteellisen moni oli harvinaisia ja muutama täysin uusia, ensimmäistä kertaa tavattuja kasviyhdyskuntia. (Latz, 2016 s.106.)

Vieraslajit ovat luultavasti alueella toimineen kaivoksen peruja, sillä metallinjalostuksessa on käytetty myös muualta tuotuja malmeja. Osa vieraslajeista on myös voinut levitä alueelle lähellä sijaitsevista puutarhoista. Näistä lajeista noin sadasta on Latzin (2016) mukaan muodostunut alueelle ”kotoperäisiä”, eli vain puiston alueella esiintyviä lajeja. Nämä lajit osaltaan ovat määrittäneet puiston hoitoperiaatteita, sillä osa lajeista on haitallisia vieraslajeja, joiden leviämistä täytyy rajoittaa. (Latz, 2016, s. 125.)

IBA Emscherin muodostama jälkiteollisten viheralueiden verkko toimii nykypäivänä Ruhrin alueen kaupunkiluonnon monimuotoisuuden selkärankana ja ekologisena käytävänä seudun muiden viherympäristöjen välillä. Duisburg-Nordin maisemapuisto omaa erityisen aseman Emscherin alueen luonnon monimuotoisuuden keskuksena. Alueen alkuperäisten viljelysmaiden ja teollisuuden tuottamien jättömaiden ansiosta puisto sisältää monipuolisen valikoiman erilaisia elinympäristöjä ja kasvupaikkoja, minkä ansiosta alueelle on päässyt kehittymään poikkeuksellisen suuri kasvi- ja eläinlajisto. (Latz, 2016, s.120.)

Kuva 9: Ennallistettu vanha Emscher-joki ja monimuotoista luontoa Duisburg-Nordin maisemapuistossa.

Erityisesti teollisuuden jättömaiden säilyttäminen on biologista tutkimusasemaa johtavan Peter Keilin mukaan osoittautunut hyödylliseksi puiston kasvilajiston kehityksen kannalta. Yhdessä alueen alkuperäisten viljelymaiden kanssa teollisuuden luomat uudet maaperät, kuten kivirakenteiset rautatieperustukset, matalan pH:n omaavat kivihiilikaivoksen jätteet sekä happamalla hiilellä peittyneet masuunikuona-alueet tarjoavat pienilmastoltaan ja pH-arvoltaan vaihtelevia kasvupaikkaolosuhteita, joita alueella ei luonnostaan esiintyisi. Länsi Ruhrin biologisella asemalla vuosien 2006–2016 aikana tehdyissä biologisissa selvityksissä Duisburg-Nordin alueella on tunnistettu yli 700 kasviheimoa, joiden joukossa on lähes 50 uhanalaiseksi luokiteltua kasvilajia. Lajeista suurin osa hyötyi teollisuusalueiden kuivista, lämpimistä ja karuista kasvuolosuhteista. (Latz, 2016, s.108, 120.)

Kasvillisuuden lisäksi alueen eläimistö on hyötynyt Duisburg-Nordin monipuolisista elinympäristöistä, eksoottisista kasvilajeista sekä rauhasta. Puistossa on havaittu noin 100 hyönteislajia ja 45 lintulajia, joiden lisäksi alueella on tavattu myös lukuisia lepakko- ja konnalajeja. Puiston villiintyneimmät alueet on rajattu pois vierailijoiden käytöstä, jotta eliöiden kannalta merkittävimmät ympäristöt säilyisivät rauhoitettuna myös tulevaisuudessa. (Landschaftspark, 2023d.)

Kuva 10: Osa Duisburg-Nordin maisemapuistosta suljettiin ihmisiltä, jotta luonto saa rauhassa kehittyä.

5. Yhteenveto ja johtopäätökset

Tämän kandidaatintyön tarkoituksena oli tutkia, minkälaisia vaikutuksia jälkiteollisen maaperän kierrättämisellä on ollut eliöstön kehittymisen kannalta Duisburg-Nordin entisellä teollisuusalueella. Tämän pohjalta pohdin lisäksi, miten menetelmiä voitaisiin hyödyntää käytöstä poistuneiden teollisuusalueiden suunnittelussa myös Suomessa.

Käyttämäni aineiston pohjalta tehtyjen havaintojen mukaan oikein käsiteltynä teollisuuden muokkaaman maaperän kierrättäminen ja loppusijoittaminen alkuperäisessä sijaintipaikassaan vaikuttaa lupaavalta jälkiteollisen luonnon monimuotoisuuden elpymisen kannalta. Latzin lähestymistapa alueelta löydettyjen materiaalien hyödyntämiseen kasvualustoina on onnistunut tuottamaan yllättäviä uudentyyppisiä kasviyhdyskuntia ja elinvoimaisia ekosysteemejä. Tulokset eliöyhteisöjen elpymisen laajuudesta sekä nopeudesta olivat mielestäni yllättäviä. Jo muutamassa vuodessa ennallistamisen aloittamisesta voitiin saavuttaa merkittäviä parannuksia alueen ekosysteemeihin, vaikka ympäristöä ei voitu kokonaisuudessaan puhdistaa haitta-aineista. Pilaantuneen ja heikentyneen maaperän käsittely sekä loppusijoittaminen alkuperäiseen sijaintipaikkaansa säästää lisäksi merkittävästi energiaa ja kustannuksia verrattuna esimerkiksi Suomessa yleisenä käytäntönä toteutettaviin maansiirto-operaatioihin.

Menetelmän haasteet liittyvät erityisesti raskasmetallien sekä orgaanisten haitta-aineiden leviämisen hallintaan sekä maaperän luonnollisen puhdistumisprosessin hitauteen. Alueilla, joilla maankäytön tarve muuttuu nopeasti ympäristöluvanvaraisen toiminnan päättyessä esimerkiksi asuinrakentamisen vuoksi, perinteiset ja nopeat maaperän puhdistustavat, kuten maaperän vaihto ovat toistaiseksi kannattavampia ja edullisempia menetelmiä. Sen sijaan alueilla, joilla ei ole tarvetta nopealle maankäytön muutokselle tai lisärakentamiselle, Duisburg-Nordissa toteutetut ennallistamiskäytännöt voivat olla hyödyllisiä keinoja palauttaa käytöstä poistuneita teollisuusalueita takaisin luonnon ja ihmisen käytettäväksi. Suomessa menetelmiä voitaisiin hyödyntää esimerkiksi entisillä kaivosalueilla, joiden ennallistaminen on jäänyt kaivoksen sulkemisen jälkeen toteuttamatta. Lisätutkimusta kuitenkin tarvitaan, sillä menetelmien käyttömahdollisuuksia voi rajoittaa esimerkiksi erilaiset ympäristölainsäädännöt.

Duisburg-Nordista kirjoitetuissa artikkeleissa ja kirjallisuudessa ymmärrettävästi keskitytään jälkiteollisten alueiden hyviin puoliin ja alleviivataan onnistumisia. Aiheeseen perehtyessäni jäi kuitenkin mietityttämään kohteen kriittinen tarkastelu ja esimerkiksi haitta-aineiden vaikutukset alueella eläviin eläimiin. Maaperän raskasmetallien rikastuminen kasvillisuuden kautta ruokaketjuihin on ongelma,

jota tulisi tutkia lisää jälkiteollisten alueiden osalta. Haitta-aineiden jäämät voidaan kuitenkin nähdä myös positiivisessa valossa. Ihmisille haitalliset raja-arvot ylittävät alueet ovat Duisburg-Nordissa saaneet jäädä rauhoitetuiksi ja suljetuiksi alueiksi, jotka luonto on päässyt valtaamaan rauhassa ilman ihmisen tuottamia häiriötekijöitä. Rauhoitetuista alueista voivat hyötyä erityisesti ihmisiä välttelevät lajit, joiden menestyminen kaupunkiympäristöissä on heikompaa verrattuna paremmin stressiä kestäviin lajeihin.

Toinen ongelma, joka korostuu erityisesti rautamalmin käsittelyyn keskittyneillä teollisuusalueilla, on muualta tuotujen kiviainesten mukana kulkeutuneet vieraslajit sekä niiden leviäminen ympäristöön. Duisburg-Nordissa havaituista lajeista 30 % oli vieraslajeja, joista osa on tunnistettu voimakkaasti leviäviksi, haitallisiksi vieraslajeiksi. Tämä sai ajattelemaan myös luonnon monimuotoisuutta uudesta näkökulmasta – onko monimuotoinen lajiyhteisö itsessään toimiva mittari hyvinvoivalle ympäristölle, jos siihen lasketaan mukaan myös ekosysteemien kannalta haitalliset lajit? Toisaalta vieraslajit eivät välttämättä ole huono asia, mikäli ne voivat menestyä ainoastaan teollisuusalueiden poikkeavissa olosuhteissa, eivätkä pääse levittäytymään laajemmin ympäröiville luontoalueille.

Lähdeaineistoa etsiessäni sekä työn edistyessä haasteena oli löytää erityisesti maisema-arkkitehtuurin näkökulmasta 2010- luvun jälkeen tehtyä tutkimusta, mikä oli yllättävää näin ajankohtaisen aiheen kohdalla. Uusin tutkimustieto liittyi vahvemmin ekologiaan ja jälkiteollisten alueiden ekologiseen ennallistamiseen yleisellä tasolla. Myös maaperän käsittelykeinoista sekä ominaisuuksista löytyi runsaasti ajankohtaista tietoa. Maisema-arkkitehtuurin osalta jouduin kuitenkin tukeutumaan hieman vanhempaan tutkimustietoon, sillä aihetta perusteellisemmin käsittelevät kirjat ovat 1990–2000 luvuilta. Duisburg-Nordin suunnitteluun ja ominaisuuksiin liittyvä lähdeaineisto rajautui pääasiassa kohteen suunnittelusta vastanneen Peter Latzin tuottamiin aineistoihin, joten tarkastelunäkökulmat kohteen osalta olivat suhteellisen yksipuolisia. Tämän perusteella tutkimusta erityisesti jälkiteollisten alueiden ennallistamisesta maisema-arkkitehtuurin avulla tulisi tehdä lisää.

Kiinnostava jatkotutkimusaihe voisi olla fytoremediaation tuomien mahdollisuuksien tutkiminen osana alueen maaperän puhdistamista, sillä tätä ei lähdeaineistojen perusteella ollut lähtökohtaisesti suunniteltu käytettäväksi kohteessa. Myös seurantaa alueen kehittymisestä tarvitaan, sillä kohde on vielä suhteellisen uusi ja sen eliöyhteisöjen kehittyminen on vielä alkuvaiheessa. Varmempia tuloksia tämäntyyppisestä maisemasuunnittelusta saadaan mahdollisesti vasta vuosien kuluessa, kun kohdetta on päästy tutkimaan monipuolisemmin eri luonnontieteiden alojen ammattilaisten näkökulmista.

Suomen kontekstissa tutkimusta erityisesti jälkiteollisten alueiden ennallistamisesta maisema-arkkitehtuurin avulla tulisi tehdä lisää. Tutkimuskohteina voisi hyödyntää jo aikaisemmin mainitsemia entisiä kaivosalueita, kuten Outokummun vanhan kuparikaivoksen lähiympäristöjä. Lisäksi mielenkiintoisia tutkimuskohteita voisivat olla vihreän siirtymän seurauksena käytöstä poistuvat kivihiilivoimalaitokset. Helsingissä esimerkiksi Hanasaaren voimalaitoksen lakkauttaminen on vapauttanut monta hehtaaria kaupunkitilaa ja merenrantaa uusia käyttötarkoituksia varten. Parhaillaan kaavoitettavana olevalle alueelle on visioitu rakennettavaksi asuntoja sekä kulttuuritoimintaa. Tämän kaltaiset alueet voisivat toimia eräänlaisina pilottikohteina, joista voisi erottaa pieniä osa-alueita tutkimuskäyttöön.

Lähdeluettelo

Painetut lähteet:

Allison, S. (2012). **Ecological Restoration and Environmental Change: Renewing Damaged Ecosystems.** Routledge.

Braae, E. (2015). **Beauty Redeemed: Recycling Post-industrial Landscapes**. Ikaros Press.

Clark, M. A., Choi, J. H., & Douglas, M. M. (2018). **Biology (2 edition.)**. OpenStax.

Jackson, L. (2001). **Beyond cleanup of manufactured sites: remediation, restoration and renewal of habitat.** Teoksessa: Manufactured sites : rethinking the post-industrial landscape. Spon Press.

Kendle, T., & Forbes, S. (1997). **Urban nature conservation: landscape management in the urban countryside**. E & FN Spon.

Kirkwood, N. (2001). **Manufactured sites : rethinking the post-industrial landscape.** Spon Press.

Laverty, M., Sterling, E., Chiles, A., & Cullman, G. (2008). **Biodiversity 101** (Vol. 1). Greenwood.

Oshunsanya, S., & Oshunsanya, S. (2019). **Soil pH for Nutrient Availability and Crop Performance** (S. Oshunsanya, Ed.). IntechOpen.

Verkkolähteet:

ELY-keskus. (2023). **Pilaantunut maaperä tai pohjavesi.** [verkkojulkaisu]. Saatavilla: https://www.ely-keskus.fi/pilaantunut-maapera-tai-pohjavesi (viitattu: 03.03.2023)

Euroopan ympäristökeskus (EEA). (2022a). **Land and soil pollution – widespread, harmful and growing.** [verkkojulkaisu]. Saatavissa: https://www.eea.europa.eu/signals/signals-2020/articles/land-and-soil-pollution. (viitattu: 13.04.2023)

Euroopan ympäristökeskus (EEA). (2020b). **Luonnon monimuotoisuus – ekosysteemit.** [verkkojulkaisu]. Saatavissa: https://www.eea.europa.eu/fi/themes/biodiversity/intro. (viitattu: 06.04.2020)

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2012a). **A Citizens Guide to Capping.** [verkkojulkaisu]. Saatavilla: https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-04/documents/a_citizens_guide_to_capping.pdf (viitattu: 22.04.2023)

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2012b). **A Citizens Guide to Phytoremediation.** [verkkojulkaisu]. Saatavilla: https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-04/documents/a_citizens_guide_to_phytoremediation.pdf (viitattu: 22.04.2023)

Society of Ecological Restoration (SER). (2023). **What is ecological restoration?** [verkkojulkaisu]. Saatavilla: https://www.ser-rrc.org/what-is-ecological-restoration/. (viitattu 04.03.2023)

Suomen ympäristökeskus. (2023). **Maaperän tila tunnetaan vielä huonosti**. [verkkojulkaisu]. Saatavilla: https://www.ymparisto.fi/fi/ympariston-tila/terve-ymparisto/maaperan-tila (viitattu 13.04.2023)

Yhdistyneet kansakunnat (YK). (2022). **Biodiversity – our strongest natural defense against climate change** [verkkojulkaisu]. Saatavissa: https://www.un.org/en/climatechange/science/climate-issues/biodiversity (viitattu 20.04.2023)

Verkkosivut:

Biologische Station Westliches Ruhrgebiet e.V (BSWR). (2023a). Saatavilla: https://www.bswr.de/industrienatur/emscherlandschaftspark Haettu: 1.1.2023

Biologische Station Westliches Ruhrgebiet e.V (BSWR). (2023b). **Succession.** Saatavilla: https://www.bswr.de/industrienatur/eigenschaften. Haettu: 23.04.2023

Biology dictionary. (2020). **Primary Succession.** Saatavilla: https://biologydictionary.net/primary-succession/ Haettu: 22.04.2023

Thyssenkrupp. (2022). **History – Chronology.** Saatavilla: https://www.thyssenkrupp-steel.com/en/company/history/chronology/chronology.html Haettu: 10.11.2022.

Landschaftspark Duisburg-Nord. (2023a). **Chronology.** Saatavilla: https://www.landschaftspark.de/en/background-knowledge/chronology/ Haettu: 15.04.2023.

Landschaftspark Duisburg-Nord. (2023b). **Biological Station**. Saatavilla: https://www.landschaftspark.de/en/leisure-activities/biological-station/ Haettu: 01.01.2023

Landschaftspark Duisburg-Nord. (2023c). **Circular Clarifying Tanks.** Saatavilla: https://www.landschaftspark.de/en/qr-code-rundgangseiten/rundklarbecken/ Haettu: 15.04.2023.

Landschaftspark Duisburg-Nord. (2023d). **Industrial nature**. Saatavilla: https://www.landschaftspark.de/en/background-knowledge/industrial-nature/ Haettu: 24.04.2023

Pirkanmaan ELY-keskus. (2023). **Maaperä kuntoon.** Saatavilla: https://maaperakuntoon.fi/puhdistaminen Haettu: 18.04.2023

Suomen ympäristökeskus (SYKE). (2023a). **Maaperän tila tunnetaan vielä huonosti.** Saatavilla: https://www.ymparisto.fi/fi/ympariston-tila/terve-ymparisto/maaperan-tila Haettu: 22.04.2023

Suomen ympäristökeskus (SYKE). (2023b). **Elohopea ja muut metallit.** Saatavilla: https://www.ymparisto.fi/fi/saasteettomuus-ja-ymparistoriskit/kemikaalien-ymparistoriskit/elohopea-ja-muut-metallit Haettu: 20.04.2023

Maa ja metsätalousministeriö (MMM), Luonnonvarakeskus (LUKE) Vieraslajit.fi. (2020). **Vieraslajit.**

Saatavilla: https://vieraslajit.fi/info/i-92 Haettu: 22.04.2023

WWF Suomi. (2023). **Vieraslajit.** Saatavilla: https://wwf.fi/uhat/vieraslajit/ Haettu: 22.04.2023

Artikkelit:

Hakeem, K. R., Akhtar, M. S., & Abdullah, S. N. A. (2016). **Plant, Soil and Microbes Volume 1: Implications in Crop Science**. Springer International Publishing. Saatavilla: https://doi.org/10.1007/978-3-319-27455-3

Hattab-Hambli, N., Lebrun, M., Miard, F., Le Forestier, L., Bourgerie, S., & Morabito, D. (2020)**. Preliminary Characterization of a Post-Industrial Soil for Long-Term Remediation by Phytomanagement: Mesocosm Study of Its Phytotoxicity Before Field Application.** International Journal of Environmental Research, 14(1), 93–105. Saatavilla: https://doi.org/10.1007/s41742-019-00241-5

Hobbs, R., Arico, S., Aronson, J., Baron, J. S., Bridgewater, P., Cramer, V. A., Epstein, P. R., Ewel, J. J., Klink, C. A., Lugo, A. E., Norton, D., Ojima, D., Richardson, D. M., Sanderson, E. W., Valladares, F., Vilà, M., Zamora, R., & Zobel, M. (2006)**. Novel ecosystems: theoretical and management aspects of the new ecological world order. Global Ecology & Biogeography.**, 15(1), 1–7. Saatavilla: https://doi.org/10.1111/j.1466-822X.2006.00212.x

Hodecek, Kuras, T., Sipos, J., & Dolny, A. (2015). **Post-industrial areas as successional habitats: Long-term changes of functional diversity in beetle communities.** Basic and Applied Ecology, 16(7), 629–640. Saatavilla: https://doi.org/10.1016/j.baae.2015.06.004

Jylhä, H., Pyy, O., (2020). Kokoelmassa: Ympäristöministeriön julkaisuja 2020:15: **Valtakunnallisten pilaantuneiden maa-alueiden riskienhallintastrategian ensimmäinen seurantaraportti.** Lainattu: 03.03.2023. Saatavilla: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162293/YM_2020_15.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Kicińska, A., Pomykała R., Izquierdo-Diaz, M. (2021). **Changes in soil pH and mobility of heavy metals in contaminated soils.** European Journal of Soil Science. 73(1), e13203. Saatavilla: https://doi-org.libproxy.aalto.fi/10.1111/ejss.13203

Loures, & Panagopoulos, T. (2007). **Sustainable Reclamation Of Industrial Areas In Urban Landscapes.** WIT Transactions on Ecology and the Environment, 102. Saatavilla: https://doi.org/10.2495/SDP070752S

Merwin, L., Umek, L., Anastasio, A. (2022). **Urban post-industrial landscapes have unrealized ecological potential.** Restor Ecol e13643. Saatavilla: https://doi-org.libproxy.aalto.fi/10.1111/rec.13643

Orgiazzi, A., & Panagos, P. (2018). **Soil biodiversity and soil erosion: It is time to get married: Adding an earthworm factor to soil erosion modelling.** Global Ecology and Biogeography, 27(10), 1155–1167. Saatavilla: https://doi.org/10.1111/geb.12782

Pilon-Smits, E. (2005). Phytoremediation. Annual Review of Plant Biology, 56(1), 15–39. Saatavilla: https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.56.032604.144214

Pohrebennyk, V., Koszelnik, P., Mitryasova, O., Dzhumelia, E., & Zdeb, M. (2019). **Environmental Monitoring of Soils of Post-Industrial Mining Areas.** Journal of Ecological Engineering, 20(9), 53–61. Saatavilla: https://doi.org/10.12911/22998993/112342

Shengxiang Yu, Xiaohong Fan, Sudhindra R. Gadagkar, Thomas P. Albright, Jin Li, Tiantian Xue, Han Xu, Ying Huang, Xiuling Shao, Wei Ding, Minghua Zhou, Changsong Hu, Zhenyu Li. (2020). **Global ore trade is an important gateway for non-native species: A case study of alien plants in Chinese ports.** Diversity and Distributions. 26(10), 1409-1420. Saatavilla: https://doi.org/10.1111/ddi.13135

Ye, S., Wang, L. & Liu, T. (2022). **Study of solidification and stabilization of heavy metals by passivators in heavy metal-contaminated soil.** Open Chemistry, 20(1), 1-9.
Saatavilla: https://doi.org/10.1515/chem-2021-0101

Diplomityöt:

Autio. (2021). **Käytöstä poistuneiden teollisuusympäristöjen ominaisuuksien hyödyntäminen maisema-arkkitehtuurissa. Esimerkkinä Karanpuiston ideasuunnitelma.**
Saatavilla: https://primo.aalto.fi/permalink/358AALTO_INST/ngpgq9/alma999444623906526

Rahkola, K. (2021). **Menneisyyden jäljet – maisemahistoriallinen kertovuus Misi-Raa'an Luonnontuhopuistossa.**
Saatavilla: https://primo.aalto.fi/permalink/358AALTO_INST/ngpgq9/alma999444692606526

Oppaat:

Keto, K. (2022). Rantaeroosio ja sen torjunta. Opas : 1/2022 Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus,

31.03.2022. Saatavilla: https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-398-026-6 (viitattu: 07.04.2023)

Kuvalähteet:

Kuva 1: ©Pixelteufel. (2014). Saatavilla: https://www.flickr.com/photos/99667320@N06/26332086258.
Haettu: 12.05.2023

Kuva 2: ©Pixelteufel. (2018). Saatavilla: https://www.flickr.com/photos/99667320@N06/39145675144
Haettu: 12.05.2023

Kuva 3: ©Zoetnet. (2014). Saatavilla: https://www.flickr.com/photos/13286453@N00/14190451460
Haettu: 12.05.2023

Kuva 4: ©Wiki Commons. Teoksessa Braae, E. Beauty Redeemed: Recycling Post-industrial Landscapes. Ikaros Press.
Lainattu: 20.04.2023

Kuva 5: ©Latz, M. (2016). Teoksessa Latz, P. Rust Red (s. 224). München: Hirmer Publisher, 2016
Lainattu: 20.04.2023

Kuva 6: ©Latz, M. (2016). Teoksessa Latz, P. Rust Red (s.225). München: Hirmer Publisher, 2016
Lainattu: 20.04.2023

Kuva 7: ©Latz, M. (2016). Teoksessa Latz, P. Rust Red (s. 25). München: Hirmer Publisher, 2016
Lainattu: 20.04.2023

Kuva 8: ©Latz, M. (2016). Teoksessa Latz, P. Rust Red (s. 25). München: Hirmer Publisher, 2016
Lainattu: 20.04.2023

Kuva 9: ©Pixelteufel, (2018). Saatavilla: https://www.flickr.com/photos/99667320@N06/26223979228/
Haettu: 12.05.2023

Kuva 10: ©Latz, M. (2016). Teoksessa Latz, P. Rust Red (s. 29). München: Hirmer Publisher, 2016
Lainattu: 20.04.2023