

Mikko Karihtala

# EKOLOGINEN KESTÄVYYS VALMISTAVASSA TEOLLISUUDESSA

Kandidaatintyö  
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta  
Tarkastaja: Hasse Nylund  
Huhtikuu 2023

# TIIVISTELMÄ

Mikko Karihtala: Ekologinen kestävyys valmistavassa tuotannossa  
Mikko Karihtala: Environmental sustainability in the manufacturing industry  
Kandidaatintyö  
Tampereen yliopisto  
Konetekniikka  
Huhtikuu 2023

---

Tämän kandidaatintyön tarkoituksena on syventyä ekologiseen kestävyteen valmistavassa teollisuudessa. Työssä tutkitaan mitä valmistava teollisuus ja kestävä kehitys tarkoittavat, sekä miten nämä aiheet liittyvät toisiinsa. Työ tehdään kirjallisuustutkimuksena. Tiedonhaku toteutetaan pääasiassa käyttäen Tampereen yliopiston Andor-palvelua sekä Google Scholar-palvelua. Lähteinä pyritään käyttämään mahdollisimman nykyaikaisia lähteitä.

Aihe on todella merkityksellinen sen ajankohtaisuuden takia. Teollisuuden prosesseja tulee pystyä suunnittelemaan ja toteuttamaan jatkossa paremmin ympäristönäkökulmasta tarkasteltuna. Maapallon resurssit sekä elinympäristöt ovat rajallisia. Nykyisillä toimintamalleilla tulevat sukupolvet eivät voi ylläpitää samanlaista elintasoja nykyiseen verrattuna. Kestävyyden tavoittelusta voi auaa myös uusia mahdollisuuksia organisaatioille uusien innovaatioiden ja teknologioiden muodossa.

Työ on jaettu neljään osaan. Ensin esitellään valmistava teollisuus kokonaisuutena sekä perehdytään aihealueisiin, joita se pitää sisällään. Tämän jälkeen käsitellään kestävä kehitystä konseptina ja pyritään keskittymään erityisesti ekologiseen kestävyteen. Kolmantena yhdistetään aiemmin mainitut kaksi aihtta ja pohditaan erilaisten kirjallisuuslähteiden, sekä tilastojen pohjalta miten ekologinen kestävyys ilmenee valmistavassa teollisuudessa. Lopuksi esitetään pohdintoja aiemmissa kappaleissa esiteltyjen aiheiden pohjalta. Näin saadaan työn lopputuloksena kirjallisuuteen sekä tilastoihin perustuva kuvaus ekologisesta kestävydestä valmistavassa teollisuudessa, mitä se tarkoittaa sekä miten se toteutuu. Työ osoittaa, että valmistavan teollisuuden toiminnoissa on sekä Suomessa että maailmanlaajuisesti laajasti parantamisen varaa ympäristönäkökulmasta tarkasteltuna.

Työn lopussa esitellyt pohdinnat eivät lopulta muodostuneet kovinkaan syvällisiksi, mutta työn pohjalta nousi esiin muutamia mielenkiintoisia aihealueita kestävyteen liittyen. Esimerkiksi kiertotalouden mallit sekä suljetun kierron materiaalivirrat ovat konsepteja, joita kannattaa tutkia jatkossakin.

Avainsanat: Kestävä kehitys, valmistava teollisuus, ekologinen kestävyys, vihreä siirtymä, kiertotalous

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

# SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	1
2. VALMISTAVA TEOLLISUUS .....	3
2.1 Tuotantojärjestelmä.....	3
2.2 Erilaisia tuotantomuotoja.....	4
2.3 Erilaisia toimintoja valmistavan teollisuuden yrityksissä .....	6
2.4 Tuotantostrategia .....	7
2.5 Kestävä tuotanto .....	7
3. KESTÄVÄ KEHITYS .....	9
3.1 Kestävän kehityksen osa-alueet.....	9
3.2 Kestävään kehitykseen liittyviä standardeja .....	10
4. EKOLOGINEN KESTÄVYYS VALMISTAVASSA TEOLLISUUDESSA .....	13
4.1 Teollisuuden aiheuttamat ympäristövaikutukset .....	13
4.2 Elinkaariarviointi.....	15
4.3 Suljetun kierron materiaalivirrat ja kiertotalous .....	16
4.4 Esimerkki: Fossiilivapaa teräs .....	17
5. REFLEKTIO .....	19
6. YHTEENVETO.....	20
LÄHTEET .....	22

# 1. JOHDANTO

Valmistava teollisuus käsittää kaikki ne yritykset, jotka toiminnallaan muokkaavat materiaaleja tai komponentteja uusiksi tuotteiksi tai tuotekokonaisuuksiksi (Heidel 2008). Se on teollisuuden alana erittäin laaja ja aiheuttaa ympäristövaikutuksia ympäri maailman.

Ekologisesta kestävydestä on tehty paljon tutkimusta eri toimialoilta, ja aiheesta on löydettävissä paljon kirjallisuutta. Aihe on edelleen hyvin ajankohtainen ja tärkeä, ja sitä on syytä tutkia jatkossakin. Maapalloltamme löytyvät resurssit ja elinympäristöt ovat rajallisia, emmekä voi jatkaa samanlaisilla toimintamalleilla tulevaisuudessa, jos haluamme nauttia planeettamme tarjoamista elinympäristöistä vielä jatkossakin.

Työn tarkoituksena on esitellä valmistava teollisuus sekä kestävä kehitys kokonaisuuksina perusteellisesti, ja tutkia miten nämä liittyvät toisiinsa. Tavoitteena on myös pohtia, millaisia päätöksiä voidaan tehdä, jotta kehitettäisiin käsiteltävää toimialaa ekologisempaan suuntaan. Kandidaatintyö on toteutettu kirjallisuustutkimuksena ja siinä on pyritty käyttämään mahdollisimman nykyaikaisia lähteitä. Artikkelien sekä kirjojen haussa on käytetty pääosin Tampereen yliopiston kirjaston hakupalvelu Andoria sekä Google Scholaria. Lähteenä on myös käytetty muutamia erilaisia verkkosivuja sekä tilastoja.

Työn seuraavassa luvussa käsitellään valmistavaa teollisuutta sekä kestävää tuotantoa ensin pääpiirteisesti kokonaisuutena ja perehdytään erilaisiin aiheisiin joita se sisältää. Luvun tarkoituksena on perehdyttää lukija valmistavaan teollisuuteen sekä tuotantoon kokonaisuutena. Luvussa esitellään myös tuotantojärjestelmä käsitteenä ja erilaisia tuotantomuotoja sekä tuotantostrategiaa.

Kolmannessa luvussa syvennytään kestävä kehityksen aiheisiin ja keskitytään erityisesti ekologiseen kestävyteen. Ekologisesta kestävydestä esitellään muutamia määritelmiä sekä mittareita, joilla voidaan tulkita erilaisten prosessien ekologisuutta. Luvun tarkoituksena on esitellä lukijalle kestävä kehitys kokonaisuutena ja perehtyä syvemmin ekologiseen kestävyteen, siihen vaikuttaviin tekijöihin sekä erilaisiin mittareihin, joilla sitä voidaan käsitellä.

Luvussa 4 yhdistetään kaksi aiemmin esiteltyä aihepiiriä eli käsitellään ekologista kestävyttä valmistavassa teollisuudessa muun muassa erilaisten tilastojen pohjalta.

Luvussa pyritään tuomaan esille, miten toimintaa voitaisiin kehittää parempaan suuntaan ekologisuuden kannalta sekä mitkä eri osatekijät vaikuttavat siihen eniten. Luvussa esitellään myös konkreettinen esimerkki siitä, miten uudenlaisten teknologioiden käyttöönotto on tärkeässä roolissa ekologisen kestävyuden kannalta.

Viidennessä luvussa reflektoidaan aiemmin esiteltyjä aiheita ja pyritään esittämään omia pohdintoja aiheeseen liittyen. Luvussa pyritään yhdistämään aihealueita toisiinsa ja miettimään mitkä osa-alueet ovat ympäristönäkökulmasta tärkeitä nyt sekä tulevaisuudessa.

Tutkimuksen aihe rakentui pitkälti omien kiinnostusten kohteideni pohjalta. Valmistava teollisuus on kiinnostavaa mahdollisten tulevaisuuden työpaikkojen takia, ja ekologinen kestävyys on ollut itselleni kiinnostava aihe jo pidemmän aikaa. Kestävyuden teemat ovat myös nykyaikana sekä tulevaisuudessa erittäin tärkeitä ja ajankohtaisia aiheita.

## 2. VALMISTAVA TEOLLISUUS

Tässä luvussa käsitellään valmistavaa teollisuutta ja tuotantoa kokonaisuutena. Ensin määritellään mitä valmistava teollisuus tarkoittaa, ja tarkastellaan erilaisia tuotantoon liittyviä toimintoja. Lisäksi esitellään erilaisia tuotantomuotoja sekä tuotantostrategiaa. Luvun lopussa sivutaan myös lyhyesti kestävää tuotantoa konseptina.

Valmistava teollisuus määritellään kaikkina niinä organisaatioina, joiden toiminta perustuu erilaisten resurssien ja komponenttien muuntamiseen erilaisiksi uusiksi kokonaisuuksiksi (Heidel 2008). Valmistava teollisuus ottaa siis resursseja alkutuotannosta ja muovaa niistä uusia tuotteita valmistusprosessien kautta. Valmistusprosessin tuotos voi olla kulutukseen valmis tuote tai jonkinlainen välituote, jota jalostetaan edelleen. Myös esimerkiksi tuotteiden kokoonpano komponenteista lasketaan valmistukseksi huolimatta siitä, ovatko komponentit itse tuotettuja vai ulkopuolelta hankittuja. (Tilastokeskus 2008)

### 2.1 Tuotantojärjestelmä

Tuotteiden valmistus koostuu tuotantojärjestelmästä, jossa materiaaleja ja komponentteja prosessoidaan muodosta toiseen tuotteeksi, jolla on suurempi arvo alkuperäisiin resursseihin nähden. Tuotantojärjestelmä määritellään kaikkina niinä menetelminä, joita teollisuudessa käytetään tuotteiden valmistukseen erilaisista resursseista (Britannica 2023). Näihin kuuluu esimerkiksi prosesseja, laitejärjestelmiä, ihmisiä, organisaatioita sekä ohjausjärjestelmiä (Scallan 2003).

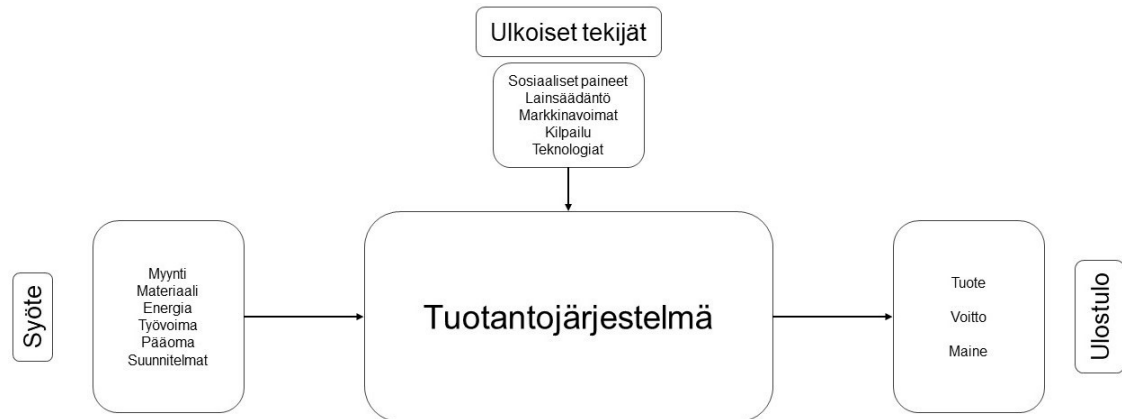
Tuotantojärjestelmä voidaan määritellä myös eräänlaisena systeeminä, jolla on erilaisia syötteitä ja ulostuloja. Syöteinä on perinteisesti materiaaleja sekä resursseja, kuten työvoima sekä pääoma. Ulostulona systeemille on valmis lopputuote, joka voi olla esimerkiksi jokin koneen osa tai valmis kokoonpano, sekä sen tuottama arvo yritykselle. (Scallan 2003)

Toimialasta tai valmistettavasta tuotteesta riippumatta jokaisella tuotantojärjestelmällä on samoja tyypillisiä piirteitä. Scallanin (2003) mukaan näitä piirteitä on neljä kappaletta:

- Jokaisella tuotantojärjestelmällä on tarkat liiketoiminnalliset tavoitteet, jotka pyritään toteuttamaan mahdollisimman kustannustehokkaasti.
- Kaikki tuotantojärjestelmät koostuvat integroidusta alajärjestelmistä, joiden tulee olla linkitetty toisiinsa materiaalin prosessoinnin näkökulmasta.

- Kaikilla tuotantojärjestelmillä tulee olla jokin tapa hallita alajärjestelmiä sekä järjestelmää kokonaisuutena.
- Toimiakseen oikein, jokainen systeemi vaatii informaatiovirran sekä päätöksentekoprosessin.

Kaikkien yllä olevien periaatteiden tulee toteutua, jotta tuotantojärjestelmä voi toimia stabiilisti muuttuvassa toimintaympäristössä. Alla olevassa kuvassa 1 havainnollistetaan tyypillistä tuotantojärjestelmää.



**Kuva 1.** Tuotantojärjestelmän kaaviokuva (muokattu lähteestä Scallan 2003)

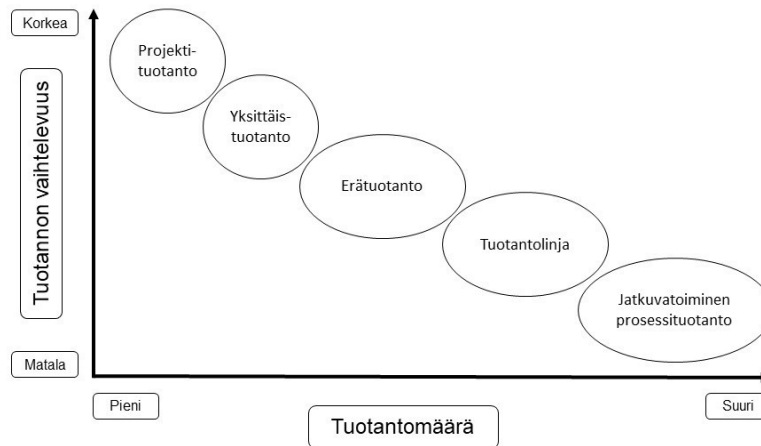
## 2.2 Erilaisia tuotantomuotoja

Valmistavassa teollisuudessa hyödynnetään muutamia yleisiä tuotantomuotoja. Tuotantomuoto valitaan valmistettavien tuotteiden sekä tuotantovolyymin perusteella. Myös erilaisten tuotevariaatioiden määrä vaikuttaa siihen, millaisella prosessilla tuotteita päätetään valmistaa. Tässä alaluvussa esitellään viisi yleisintä tuotantomuotoa alkaen pienimmästä volyymistä ja edeten suurimpaan.

Kuten yllä mainitaan, tuotantomuodot eroavat toisistaan monista eri näkökulmista. Esimerkiksi joustavuus sekä työntekijöiden ammattitaito painottuvat joissain prosessityypeissä, kun taas pitkälle standardoituja tuotteita tuotettaessa kyseisillä tekijöillä ei ole juurikaan painoarvoa. Myös tuotannonohjaus eroaa eri muodoissa suuresti, esimerkiksi projektituotannossa keskiössä on aikataulutus. (Logistiikan Maailma 2023)

Erilaiset tuotantomuodot eivät kuitenkaan ole toisiaan poissulkevia. Yritykset voivat valmistaa osan tuotteistaan esimerkiksi tuotantolinjalla, ja hyödyntää yksittäistuotantoa pienivolyymissä pitkälle räätälöidyissä tuotteissa. Myös tuotannon eri vaiheet voivat sisältää erilaisia tuotantomuotoja, esimerkiksi osavalmistus voidaan toteuttaa erätuotantona ja lopullisten tuotteiden kokoonpano tuotantolinjalla. (Logistiikan Maailma

2023) Alla olevassa kuvassa 2 esitellään eri tuotantomuodot kuvaajana siten, että pystyakselilla on tuotannon vaihtelevuus ja vaaka-akselilla tuotantomäärät.



**Kuva 2.** Tuotantotyypit tuotannon vaihtelevuuden sekä tuotantomäärän mukaan (muokattu lähteestä *Logistiikan Maailma 2023*)

Yksittäistuotanto (engl. job shop) on joustaviin resursseihin perustuva tuotantomuoto jolla kyetään tuottamaan monia erilaisia tuotevariaatioita. Vaikkakin tuotevariaatioiden määrä on suuri, tuotannossa on silti toistuvuutta, joka erottaa sen selkeästi myöhemmin esiteltävästä projektituotannosta. (Logistiikan Maailma 2023) Yksittäistuotannossa toimitaan yleensä suhteellisen pienellä mittakaavalla (Stevenson 2015, s. 238). Yksittäistuotantoa käytetään tilanteissa, jossa tuotetaan suurta määrää tuotevariaatiota suhteellisen pienellä volyymilla. Tuotanto on ajoittaista ja koostuu erilaisista pienistä töistä, joista jokaisella on hieman erilaiset prosessointivaatimukset. Korkea joustavuus sekä ammattitaitoiset työntekijät ovat tärkeitä piirteitä onnistuneessa yksittäistuotannossa (Stevenson 2015, s. 238). Esimerkkinä yksittäistuotannosta voidaan käyttää esimerkiksi käsityöpajoja, joissa valmistetaan mittatilaustyönä tuotteita asiakkaan antamien vaatimusten mukaisesti. Yksittäistuotannoksi voidaan myös laskea erilaisia palveluita, esimerkiksi lääkäreiden toteuttamat kirurgiset operaatiot.

Nimensä mukaisesti erätuotannossa valmistetaan tuotteita valmistuserissä. Tuotevariaatioiden lukumäärä on pienempi kuin yksittäistuotannossa, mutta silti suhteellisen suuri kokonaisuudessaan. Yleisesti erätuotannossa tuotanto organisoidaan tuotantosoluiksi, joissa tuotantoprosessi suunnitellaan tuotteiden valmistusjärjestyksen mukaan (Logistiikan Maailma 2023). Erätuotannossa ei tarvita yhtä suurta joustavuutta kuin yksittäistuotannossa, eikä työntekijöiden ammattitaito ole yhtä tärkeä osa prosessia (Stevenson 2015, s. 239). Esimerkkeinä erätuotannosta voidaan käyttää esimerkiksi leipomoita, jotka valmistavat muutamia erilaisia tuotteita erissä kuitenkin siten että yksi erä sisältää aina vain yhtä tuotetta. Samoin kuten yksittäistuotannolle, erätuotannolle



voidaan myös esittää muutamia palveluesimerkkejä, kuten esimerkiksi lentoliikenne, jossa kuljetetaan ennalta määritetyn kokoinen erä matkustajia paikasta toiseen.

Tuotantolinjaa käytettäessä tuotantovolyymi on suurempi sekä tuotteet tai niiden osat ovat usein standardoituja. Kyseistä tuotantomuotoa kutsutaan joissain yhteyksissä myös toistuvaksi tuotannoksi. Tyypillinen piirre kyseiselle tuotantomuodolle on tarkka työn organisointi, jossa jokainen työpiste tekee vain ja ainoastaan tarkasti ennalta määritettyjä työtehtäviä (Logistiikan Maailma 2023). Kyseisessä tuotantomuodossa ei tarvita paljoakaan joustavuutta tai erityistä työntekijän ammattitaitoa, juurikin aiemmin määritellyn tuotteiden standardinmukaisuuden takia (Stevenson 2015, s. 240). Esimerkkinä toistuvasta tuotannosta voidaan käyttää esimerkiksi nykyajan autotehtaita, jotka toimivat yleensä tuotantolinjan ympärillä. Toisena hyvänä esimerkkinä voidaan käyttää myös tehtaita, jotka valmistavat standardoituja elektroniikkakomponentteja.

Jatkuvaa tuotantoa käytetään tilanteissa, joissa vaaditaan todella korkeaa volyymia, ja tuotevariaatioiden määrä on erittäin pieni tai lähes olematon. Tuotevariaatioiden pienen määrän takia joustavuutta ei tarvita juuri yhtään. (Stevenson 2015, s. 240) Pienen joustavuuden sekä todella pitkälle standardoitujen tuotteiden vuoksi kyseisessä tuotantomuodossa ei tarvita juurikaan työntekijöiden ammattitaitoa. Jatkuvasta tuotannosta voidaan käyttää esimerkkinä vaikkapa öljynjalostusta tai kemianteollisuutta.

Projektituotanto on tuotantomuotoja käsitellessä jossain määrin erityistapaus, ja sitä voi olla haasteellista sijoittaa samalle skaalalle muiden tuotantomuotojen kanssa. Projekteille tyypillistä on niiden ainutkertaisuus ja epäjatkuvuus. Projektituotantoa käytetään tuotteille, joiden valmistus ei ole rutiininomaista ja jotka sisältävät uniikit tavoitteet, jotka on saavutettava tietyssä määräajassa (Stevenson 2015, s. 241). Kyseisessä tuotantomuodossa joustavuus sekä työntekijöiden ammattitaito ovat täysin riippuvaisia siitä millaista projektia ollaan toteuttamassa. Projektituotannosta esimerkkinä voidaan käyttää monimutkaisia rakennusprojekteja.

### **2.3 Erilaisia toimintoja valmistavan teollisuuden yrityksissä**

Valmistavan teollisuuden yrityksillä on aina jokseenkin samanlaiset organisaatorakenteet, vaikkakin jokainen yritys on omalla tavallaan uniikki (Scallan 2003). Tyypillisesti erilaisia perustoimintoja voidaan määritellä kuusi kappaletta, joista jokaisella on tietty vastuualue tuotantoprosessiin ja yritystoimintaan liittyen. Scallanin (2003) sekä Martinsuon et. al. (2016, s.195) mukaan yrityksen perustoiminnot voidaan määritellä seuraavasti: markkinointi ja myynti, suunnittelu ja kehitys, tuotanto, henkilöstö ja hallinto, taloushallinto sekä ostot.

Se miten kyseiset osastot ilmenevät yrityksen organisaatorakenteessa riippuu suurimmilta osin yrityksen kokoluokasta. Joissain yrityksissä osa toiminnoista voi olla yhdistetty keskenään ja suuremman kokoluokan yrityksissä ne voivat olla eritelty vielä pidemmälle kuin yllä. (Scallan 2003) Tärkeintä kannattavassa ja tehokkaassa yritystoiminnassa on kuitenkin, että eri osastot toimivat yhteistyössä ja informaationkulku eri toimintojen välillä on saumatonta.

## 2.4 Tuotantostrategia

Tuotantostrategia tarkoittaa organisaation tuotantotoiminnan pitkän aikajänteen päämääriin ja toteutustapoihin liittyviä valintoja, niiden toteuttamiseen liittyviä päätöksiä sekä päätösten lopullista toimeenpanoa (Martinsuo et al. 2016, s. 286). Scallan (2003) tarkentaa tätä määritelmää seuraavasti: tuotantostrategia määritellään pitkän tähtäimen suunnitelmana resurssien käytöstä tuotantojärjestelmässä, siten että se palvelee yrityksen liiketoiminnallisia tavoitteita. Tuotantostrategian luomiseen liittyy muutamia erilaisia päätöksiä, jotka esitellään seuraavassa kappaleessa.

Tuotantostrategian luomiseen liittyviä peruspäätöksiä voidaan löytää monesta eri kirjallisuuslähteestä. Martinsuon et al. (2016, s. 286) mukaan strategian luomisessa on otettava huomioon seuraavat neljä perusasiaa:

- Vaaditut prosessit sekä kapasiteettitarpeet.
- Ostaminen vai itse tekeminen.
- Tuotannon sijoittelupäätökset: keskitetäänkö vai hajautetaan tuotantoa.
- Tuotannon uudistaminen: investoinnit ja toiminnan mahdollinen tehostaminen.

Edellä mainittujen lisäksi Scallan (2003) laajentaa tätä ajattelutapaa kahdella lisäpäätöksellä:

- Infrastruktuuriin liittyvät päätökset.
- Henkilöstöresursseihin liittyvät päätökset.

Kattavan ja toimivan tuotantostrategian luomiseksi kaikki yllä esitellyt osa-alueet tulee ottaa huomioon. Osa-alueisiin liittyvien valintojen tulee myös sopia yhteen toistensa kanssa.

## 2.5 Kestävä tuotanto

Kestävä tuotanto on sellaista tuotantoa, jossa toteutuvat kestävän kehityksen periaatteet. Nykypäivänä suurin syy tapahtuneille ympäristövahingoille on ei-kestävä

tuotanto sekä kulutus varsinkin maissa, jotka ovat pitkälle teollistuneita (Krajnc & Glavič 2003). Jotta kestävä tuotantoa saavutettaisiin, joudutaan tekemään muutoksia esimerkiksi teollisuuden prosesseissa sekä resurssien käytössä.

Krajnc & Glavič (2003) määrittelevät kestäväälle tuotannolle seuraavanlaisia päämääriä, joiden tulisi täyttyä:

- Vähennetty materiaalin ja energian käyttö tuotteissa sekä niiden valmistusprosesseissa.
- Syntyvän jätteen minimointi ja välttäminen.
- Tuotteiden uudelleenkäyttö sekä kierrätys mahdollisuuksien mukaan.
- Ympäristöystävällinen käsittelytapa tuotteille sekä jätteille, joille ei ole kierrätysmahdollisuutta.
- Tuotesuunnittelun toteuttaminen siten, että tuotteiden elinkaari maksimoidaan.
- Kuljetustarpeiden minimointi.
- Puhtaammat tuotannon teknologiat ja sovellukset koko tuotteen elinkaaren aikana.

Yllä luetelluista tavoitteista voisi päätellä, että kyseisten päämäärien tavoittelu on yritystoiminnan kannalta haasteellista. Tuotantoprosessien ajaminen kestäväan suuntaan on kuitenkin erittäin suositeltavaa ottaen huomioon erilaiset ympäristöön liittyvät haasteet, joita kohtaamme nykypäivänä. Kestävästä tuotannosta voi aueta myös uusia liiketoimintaan liittyviä mahdollisuuksia (OECD 2008).

### 3. KESTÄVÄ KEHITYS

Tässä luvussa tutkitaan kestävästä kehitystä kokonaisuutena sekä käydään läpi miten sen eri osa-alueet määritellään kirjallisuudessa. Lopussa esitellään myös muutamia erilaisia mittareita ja standardeja kestäväälle kehitykselle.

Ympäristöministeriö määrittelee kestävästä kehityksen maailmanlaajuisesti, alueellisesti ja paikallisesti tapahtuvaksi jatkuvaksi ja ohjatuksi yhteiskunnalliseksi muutokseksi. Tämän muutoksen päämääränä on turvata nykyisille ja tuleville sukupolville mahdollisuudet hyvään elämiseen. Kestävästä kehityksen periaatteisiin kuuluu myös, että ympäristö, ihminen sekä talous otettaisiin tasavertaisesti huomioon toiminnassa. Kestävä kehitys koostuu yleisesti kolmesta eri osa-alueesta, jotka esitellään myöhemmin tässä luvussa. Kestävästä kehityksen juuret juontavat Yhdistyneiden Kansakuntien alaiseen Brundtlandin komissioon vuodelle 1987. Kestävästä kehitykseen liittyvä politiikka on kehittynyt vuosikymmenien aikana todella kattavaksi sekä monipuoliseksi. Kestävä kehitys voi toteutua vain jos kaikki osa-alueet otetaan huomioon toiminnassa. (Ympäristöministeriö 2023)

Aiemmin mainitun komission kirjoittaman raportin mukaan kestävä kehitys tarkoittaa tämän päivän tarpeiden tyydyttämistä vaarantamatta tulevaisuuden tarpeita. Kestävä kehitys ei myöskään ole pysyvä tasapainotila, vaan vaatii jatkuvaa muutosta resurssien käytössä, uusien teknologien kehittämisessä sekä ihmisten ajattelutavoissa. (United Nations 1987)

#### 3.1 Kestävästä kehityksen osa-alueet

Tässä luvussa esitellään kestävästä kehitykseen liittyvät osa-alueet, mitä ne sisältävät sekä miten ne liittyvät keskenään toisiinsa. Osa-alueita on kolme: ekologinen, taloudellinen sekä sosiaalinen kestävyys. Kestävästä kehitystä tulisi kuitenkin käsitellä aina kokonaisuutena, sillä sitä ei voida saavuttaa, jos kaikkien osa-alueiden tavoitteet eivät toteudu samanaikaisesti.

Ensimmäinen kestävästä kehityksen osa-alueista on ekologinen kestävyys. Tällä tarkoitetaan luonnon monimuotoisuuden ja ekosysteemien toiminnan varmistamista. Ekologinen kestävyys käsittää myös ihmisen toiminnan sopeuttamisen siten, että luonnon kestävyys ei ylitä saastutuksen tai luonnonvarojen liikakäytön takia. Suurimpana huolenä ekologiseen kestävyysliikkeen liittyen on luonnon köyhtyminen, joka tarkoittaa esimerkiksi paikallisen ekosysteemin köyhtymistä ihmisen toiminnasta johtuen. (Suomen

Biokiertotuote Oy 2018) Ekologisen kestävyysperiaatteena on siis ohjata toimintaa sellaiseen suuntaan, jossa se aiheuttaa mahdollisimman vähän haittoja ympäristölle. Teollisuudessa ekologinen kestävyys voidaan Goodlandin (1995) mukaan määrittellä kahtena eri osa-alueena, syöteenä sekä tuotoksena. Syöteen puolella toimintatapojen tulee pysyä sellaisina, että turvataan materiaalien riittävyys siten, että materiaalia ei kerätä yli sen uudistumiskyvyn. Tuotoksen puolella keskitytään pitämään erilaiset päästö- sekä jätemäärät sellaisina, ettei ympäristö joudu kärsimään niistä. Ajattelumallissa tulisi kuitenkin ottaa huomioon myös prosessin itse aiheuttamat suorat vaikutukset. Ekologiseen kestävyysperiaatteeseen liittyy myös periaate, että uusiutumattomia resursseja ei lähtökohtaisesti voida käyttää kestävästi, mutta erilaisilla toimintamalleilla voidaan kehittää tällaisiakin resursseja hyödyntävää toimintaa kestävämpään suuntaan.

Toinen kestävä kehityksen mallin osa-alueista on taloudellinen kestävyys. Taloudellinen kestävyys käsittää kaikki sellaiset toimintamallit, joissa pyritään täyttämään nykypäivän taloustarpeet ottaen kuitenkin huomioon tulevaisuuden tavoitteet. Ikerdin (2012) mukaan sellainen talous, joka ei täytä jäsentensä perustarpeita on perusteellisesti epävakaa, eikä täten voi olla kestävä. Taloudellinen kestävyys ei myöskään tarkoita että kaikilla pitäisi olla juuri se mitä he haluavat, vaan riittävää on se että heillä on tarpeeksi resursseja, joilla täyttää omat tarpeensa esimerkiksi hyvinvointiin liittyen (Ikerd 2012). Tästä voidaan huomata, että taloudellinen ja ekologinen kestävyys liittyvät vahvasti toisiinsa ja molempien peruseriaatteisiin kuuluu vastuullinen ja kestävä resurssien käyttö toiminnassa.

Sosiaalinen kestävyys on kolmas ja viimeinen osa-alue kestävä kehityksen periaatteissa. Se määrittää yritysten vastuuna ottaa huomioon, ja hallita liiketoiminnan vaikutuksia ihmisiin olivat ne positiivisia tai negatiivisia (UN Global Compact n. d.). Sosiaalisen kestävyysperiaatteen teemoihin kuuluvat esimerkiksi työntekijöiden ihmisoikeudet sekä sukupuolitaso-arvo.

### **3.2 Kestävään kehitykseen liittyviä standardeja**

Kestävälle kehitykselle voidaan määrittää monenlaisia erilaisia mittareita ja standardeja muun muassa raportointiin liittyen. Standardit ovat yleispäteviä, eivätkä ne koske pelkkiä valmistavan teollisuuden yrityksiä, eli niitä voidaan soveltaa kaikessa yritystoiminnassa jolla on vaikutuksia ympäristöön. Tässä aluvuossa esitellään muutama näistä.

Global Reporting Initiative (lyh. GRI), on vuonna 1997 perustettu itsenäinen järjestö, jonka tarkoituksena on avustaa yrityksiä sekä muita organisaatioita vastuullisempaan toimintaan. GRI tuottaa standardeja liittyen kestävyysperiaatteeseen sekä sen raportointiin. (Global

Reporting Initiative 2022) Tässä luvussa käsitellään GRI:n laatimaa standardisarjaa, joka on tarkoitettu ympäristöasioista raportointiin. Tässä luvussa esitellään kaksi näistä standardeista. Ensimmäinen standardi liittyy kasvihuonekaasupäästöihin ja niiden raportointiin. Toinen standardeista käsittelee organisaation energiankulutusta.

Standardi GRI 305: Päästöt (engl. Emissions) määrittelee organisaatioille toimintatapoja ja malleja päästöistä raportointiin, sekä avustaa tätä kautta organisaatiota hallitsemaan paremmin päästöistä aiheutuvia ympäristövaikutuksia. Standardi käsittelee ilmakehään leviäviä kasvihuonekaasupäästöjä. Standardissa käsitellyt kasvihuonekaasut ovat seuraavat: hiilidioksidi, metaani, typpioksidi, fluorihilivedyt, prefluoratut hiilivedyt, rikkiheksafluoridi sekä typpitrifluoridi. Osa edellämainituista yhdisteistä ovat ilmansaasteita, joilla on suuria vaikutuksia esimerkiksi ilmanlaatuun ja tätä myötä myös ihmisten sekä eläinten terveyteen. Standardi määrittelee kolme erilaista luokkaa päästöille: suorat päästöt, epäsuorat ostoenergiasta aiheutuvat päästöt sekä epäsuorat muista toimista johtuvat päästöt. Jokaiselle päästötyypille tulee raportoida bruttopäästöt tonneissa käyttäen yksikkönä hiilidioksidiekvivalentia, biogeeniset hiilidioksidipäästöt bruttona samassa yksikössä sekä päästöjen lähteet. Edellä mainittujen lisäksi raportoinnissa tulisi myös esittää perusteet laskelmille sekä metodologiat, joita laskennassa on käytetty. (Global Reporting Initiative 2016) Raportoinnissa tulee myös esitellä mitkä kasvihuonekaasut on otettu mukaan laskelmia tehdessä.

Standardi GRI 302: Energia (engl. Energy) on yllä mainitun kaltainen raportointistandardi, joka käsittelee organisaation energiankulutusta sekä tapoja miten organisaatio hallitsee sitä. Standardi määrittelee viisi erilaista raportoitavaa seikkaa: suora energiankulutus (organisaation sisäinen), epäsuora energiankulutus (organisaation ulkopuolinen), energian intensiteettisuhde, energiankulutuksen vähentäminen sekä energiantarpeen vähentäminen tuotteissa ja/tai palveluissa (Global Reporting Initiative 2016). Standardi määrittelee tietyt vaatimukset energiankulutuksen raportoinnille. Organisaation tulee muun muassa raportoida kokonaiskulutus sekä uusiutuvista että ei-uusiutuvista energianlähteistä, organisaation kokonaisenergiankulutus sekä standardit ja metodologiat, joiden perusteella raportissa esiteltävät laskelmat on tehty. Yksikkönä energiankulutukselle tulee käyttää jouleja tai monikertoja.

Ympäristöasioihin sekä ympäristönsuojeluun liittyen on laadittu myös kokoelma kansainvälisiä standardeja. Standardit käsittelevät esimerkiksi toimintamalleja ympäristönsuojelun tason arvioinnille, elinkaariarvioinnin periaatteita ja pääpiirteitä sekä yleisiä ympäristöasioita. Käsitellään tässä kappaleessa tarkemmin standardia SFS-EN

ISO 14031:2021, joka käsittelee tarkemmin ympäristönsuojelun tason arviointia yrityksissä.

Ympäristönsuojelun tason arviointi on johtamisprosessi, jossa vertaillaan organisaation ympäristönsuojelun tasoa asetettuihin ympäristötavoitteisiin erilaisten suorituskykyindikaattorien avulla (SFS-EN ISO 14031:2021, s.14). Standardin mukaisesta tason arvioinnista organisaatio voi muun muassa saada hyödyllistä tietoa, joka mukaan auttaa sitä esimerkiksi (SFS-EN ISO 14031:2021, s.14):

- Tunnistamaan ympäristönäkökohtia ja määrittämään niistä merkittävimmät.
- Asettamaan ympäristönsuojeluun liittyviä tavoitteita.
- Tunnistamaan mahdollisuuksia parempaan ympäristönäkökohtien hallintaan.
- Arvioimaan noudatetaanko toiminnassa ympäristönäkökohtiin liittyviä velvoitteita.
- Raportoimaan sekä viestimään ympäristönsuojelun tasosta organisaatiossa.

Yllä mainittu tason arviointi noudattaa niin sanottua jatkuvan kehittämisen periaatetta eli PDCA-mallia (Plan, Do, Check, Act), jossa ensin suunnitellaan, sitten toteutetaan ja tämän jälkeen tarkistetaan ja korjataan (Law 2016).

Ympäristönsuojelun tason arvioinnissa on erilaisia indikaattoriryhmiä, joista standardin mukaan käytetään kahta erilaista: ympäristön tilan indikaattorit sekä ympäristönsuojelun tason indikaattorit (SFS-EN ISO 14031:2021, s.15). Ensin mainitun tarkoitus on tuottaa tietoa ympäristöolosuhteista, joihin organisaation toiminnalla voi olla jonkinlaista vaikutusta, jälkimmäisen tarkoituksena on tuottaa tietoa siitä kuinka organisaatio hallitsee näitä toimia.

## 4. EKOLOGINEN KESTÄVYYS VALMISTAVASSA TEOLLISUUDESSA

Ekologinen kestävyys valmistavassa teollisuudessa viittaa uudenlaisten ympäristöystävällisten toimintatapojen käyttöönottoon, jotta teollisuuden ympäristövaikutuksia saataisiin minimoitua. Tässä luvussa yhdistetään kaksi aiemmin esiteltyä aihealuetta ja perehdytään niiden välisiin yhteyksiin. Luvussa esitellään millaisia suoria sekä epäsuoria ympäristövaikutuksia tuotannolla on sekä tutkitaan muutamia kestävyttä edistäviä toimintamalleja ja työkaluja. Lopussa annetaan myös konkreettinen esimerkki uudenlaisen teknologian käyttöönotosta ja sen vaikutuksista toiminnan ympäristövaikutuksiin.

### 4.1 Teollisuuden aiheuttamat ympäristövaikutukset

Valmistava teollisuus aiheuttaa suoria ympäristövaikutuksia kasvihuonekaasujen, jätteiden sekä resurssien kulutuksen muodossa (European Environment Agency 2023). Vaikka toimintaa on viime vuosikymmenien aikana pyritty ajamaan kestävämpään sekä vastuullisempaan suuntaan, pysyvät vaikutukset vieläkin suhteellisen korkeina. Erilaisten tuotteiden valmistuksesta aiheutuu suorien tuotannon toimista johtuvien vaikutusten lisäksi myös paljon epäsuoria vaikutuksia. Muun muassa materiaalien hankinnasta, energiantuotannosta sekä toimitusketjuista aiheutuu suuria määriä kasvihuonekaasupäästöjä. Teollisuuden toimista johtuen aiheutuu myös joskus erilaisia ympäristövahinkoja. Jotta toimintaa kyetään ajamaan kokonaisuutena kestävämpään suuntaan, tulee nämä kaikki osa-alueet ottaa huomioon päätöksenteossa ja toimintojen suunnittelussa.

Tarkastellessa Suomen tilastoja voidaan huomata, että teollisuuden prosessit sekä tuotteiden käyttö tuottivat vuonna 2021 5384 tonnia kasvihuonekaasupäästöjä (Tilastokeskus 2022). Tarkemmin katsottuna tilastoista voidaan myös huomata, että kyseinen luku on pysynyt kolmen viime vuosikymmenen aikana hyvinkin samansuuruisena, kun taas esimerkiksi energian tuotannon aiheuttamat päästöt ovat laskeneet huomattavasti. Siirryttäessä EU:n tasolle huomataan, että teollisuuden eri sektorit aiheuttivat yhteensä 72 000 tonnia kasvihuonekaasupäästöjä vuonna 2020 (Eurostat 2023). Määrä ei kuitenkaan kerro koko totuutta, sillä 2020 maailmantilanteeseen vaikuttanut koronapandemia laski tuotantomääriä kokonaisuudessaan sekä vaikutti suuresti toimitusketjuihin. Tarkasteltavasta tilastosta voitiin huomata myös, että vuosina 2014-2019 päästöjen määrä oli selkeästi nousussa.



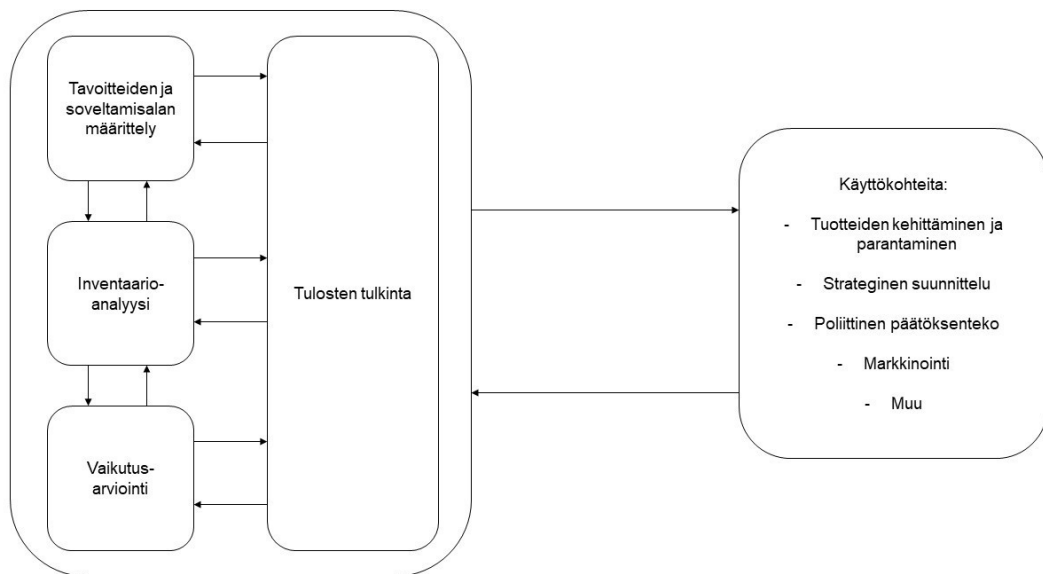
Vuonna 2021 julkaistun tilaston mukaan energiasektori tuotti Suomessa kasvihuonekaasupäästöjä 34 363 tonnia laskettuna hiilidioksidiekvivalenttina (Tilastokeskus 2022). Kun verrataan tätä aiemmassa kappaleessa esiteltyihin teollisuusprosessien aiheuttamiin päästöihin, voidaan huomata, että luku on huomattavasti suurempi. Tilastokeskuksen tietokannasta selviää myös, että vuonna 2021 teollisuuden 515 000 terajoulen kokonaisenergiankulutuksesta 120 000 terajoulea tuotettiin ei-uusiutuvilla energianlähteillä, kuten öljyllä, hiilellä sekä maakaasulla. Tilastoista voidaan huomata, että vaikka Suomi on suhteellisen hyvällä tasolla kestävyden suhteen, muutosta on tapahduttava vielä paljon, jotta toiminta olisi aidosti kestävä ympäristölle. Kun siirrytään tarkastelemaan Euroopan Unionin energiantuotantoon liittyviä tilastoja, voidaan huomata, että suuri osa energiasta tuotetaan edelleen koko EU:n alueella ei-uusiutuvilla resursseilla, vaikkakin määrä on vähentynyt vuosien saatossa (Eurostat 2022). Tilastojen perusteella voidaan siis todeta, että myös suuri osa valmistavan teollisuuden energiantarpeista tuotetaan ei-uusiutuvilla energianlähteillä.

Eräänä konkreettisenä esimerkkinä teollisuuden aiheuttamista epäsuorista ympäristövaikutuksista Suomessa voidaan käyttää vuonna 2012 tapahtunutta Talvivaaran kaivosonnettomuutta. Talvivaara on Sotkamossa sijaitseva kaivos, jonka pääasiallisena tehtävänä on tuottaa nikkeliä ja sinkkiä. Vuonna 2012 kaivoksella sijaitsevassa kipsisakka-altaassa huomattiin vuoto, jonka seurauksena altaasta vuosi kaivosalueen ulkopuolelle 240 000 kuutiometriä ympäristölle vahingollista metallipitoista vettä ja sakkaa (Onnettomuustutkintakeskus 2012). Onnettomuuden pääsyyinä oli kipsisakka-altaan käyttäminen käyttötarkoituksen vastaisesti vesivarastona. Altaan rakenne ei kestänyt veden aiheuttamaa painetta, josta johtuen altaaseen syntyi reikä, josta haitallista materiaalia pääsi vuotamaan ympäristöön. Suomessa on Talvivaaran lisäksi tapahtunut paljon muitakin ympäristövahinkoja, jotka eivät ole saaneet samanlaista julkisuutta mediassa. Esimerkiksi Tuomaisen et. al. (2021) kirjoittamasta raportista selviää, että vuonna 2019 Suomessa tapahtui yhteensä 102 merkittäväksi luokiteltavaa öljy- tai kemikaalivahinkoa.

Aiemmin esiteltyjen tilastojen sekä selvitysten perusteella voidaan huomata, että suurin osa teollisuuden ympäristövaikutuksista ovat epäsuoria. Tästä johtuen asiaa tulee tarkastella kokonaiskuvan kautta eikä riitä, että keskitytään ainoastaan esimerkiksi tehtaiden aiheuttamiin suoriin ympäristövaikutuksiin. Toimitusketjut, energiantuotanto sekä erilaiset vahinkomahdollisuudet ovat hyvin tärkeässä osassa pyrittäessä kokonaisvaltaisesti kestävään teollisuuteen.

## 4.2 Elinkaariarviointi

Kuten aiemmassa aluvussa kerrottiin, teollisuuden aiheuttamat ympäristövaikutukset voivat olla joko suoria tai epäsuoria. Jokaisen tuotteen elinkaarella syntyy vaikutuksia esimerkiksi tuotannosta, toimitusketjuista ja lopulta tuotteen saapuessa elinkaarensa päähän siitä syntyy ympäristövaikutuksia jätteen muodossa. Elinkaariarviointi (engl. life cycle assessment, LCA) on organisaation päätöksentekotyökalu, joka keskittyy erityisesti teknologian valinnan ja sen optimoinnin tarpeisiin (Jolliet et al. 2015). Työkalu on erityisen olennainen kestävyysnäkökulmia tarkastellessa, sillä se mahdollistaa jonkin tietyn tuotteen tai palvelun ympäristövaikutusten tarkastelun koko sen elinkaaren ajalta, ja on täten paljon kattavampi lähestymistapa kuin esimerkiksi pelkkien tuotannosta aiheutuvien päästöjen tarkastelu. Elinkaariarvioinnissa on neljä tyypillistä vaihetta, jotka Jolliet et al. (2015) määrittelee seuraavasti: tutkimuksen tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely, inventaarioanalyysi, vaikutusarviointi ja viimeisenä tulosten tulkinta. Alla olevassa kuvassa 3 on kaavio perinteisestä elinkaariarvioinnin prosessista.



**Kuva 3.** Elinkaariarviointi (muokattu lähteestä SFS-EN ISO 14040:2006)

Elinkaariarviointiin liittyen on luotu useita erilaisia standardeja, joissa määritellään esimerkiksi tutkimuksen tavoitteita ja tarjotaan viitekehys tutkimuksen suorittamiseen. Esimerkiksi standardi SFS-EN ISO 14040:2006 kertoo, että elinkaariarvioinnissa otetaan huomioon tuotteen koko elinkaari raaka-aineen hankinnasta energian ja materiaalin tuotannon ja valmistuksen kautta käyttöön ja käytöstä poistoon sekä jätteiden loppusijoitukseen. Standardi kertoo myös, että elinkaariarvioinnissa otetaan huomioon kaikki luonnonympäristön, ihmisten, terveyden ja resurssien ominaisuudet sekä näkökohdat. Edellä mainitun lisäksi standardi (SFS-EN ISO 14044) kertoo, että elinkaariarvioinnin tavoitteita määriteltessä tulee tutkimukselle yksikäsitteisesti asettaa:

tarkoitus johon sitä käytetään, syyt miksi tutkimus tehdään, kohdeyleisö, jolla sitä pyritään palvelemaan sekä aiotaanko tuloksia käyttää vertailevissa väitöksissä, jotka jaetaan julkisuuteen. Voidaan siis huomata, että käsiteltävä työkalu antaa erityisen kattavan kuvan jonkin yksittäisen tuotteen vaikutuksista.

### **4.3 Suljetun kierron materiaalivirrat ja kiertotalous**

Yleisin materiaalivirtojen malli nykyisin on lineaarinen materiaalivirta. Linearisessa materiaalivirrassa nojataan niin sanottuun ota-valmista-hävitä (engl. take-make-waste) periaatteeseen, jossa aluksi hankitaan resursseja ja raakamateriaaleja luonnosta, valmistetaan niistä erilaisia tuotteita ja lopuksi hylätään tuotteet niiden tullessa elinkaarensa päähän. Kyseinen malli ei pyri pidentämään tuotteen elinkaarta tai kierrättämään tuotteita edelleen. Vaihtoehtona edellä esitellylle, selkeästi ei-kestävälle materiaalivirran mallille voidaan käyttää suljetun kierron (engl. closed loop) materiaalivirtaa, jonka perusideana on materiaalivirta, joka virtaa molempiin suuntiin. Suljetussa kierrossa menosuuntaan virtaavat uudet tuotteet tuotannosta asiakkaalle ja takaisinpäin virtaavat käytetyt tuotteet tai niiden osat (Souza 2017). Tarkoituksena takaisinvirtauksella on palauttaa käytettyjä tuotteita tai niiden osia takaisin tuotannolle, jossa niistä voidaan valmistaa uusia tuotteita tai ne voidaan kunnostaa. Suljetun kierron perusajatukseksi on siis minimoida hävikkiä ja pidentää tuotteiden elinkaaria (Souza 2017). Voidaan siis huomata, että verrattuna normaaliin lineaariseen materiaalivirran malliin suljetun kierron malli on huomattavasti kestävämpi, ja sen käyttöä tulisi pyrkiä edistämään, jotta teollisuutta kehitettäisiin kokonaisuutena kestävämpään suuntaan.

Kiertotalous on tuotannon ja kulutuksen malli, jonka tarkoituksena on maksimoida tuotteiden elinkaari ja kierrättää niitä mahdollisimman pitkään (European Parliament 2015). Käytännössä se siis tarkoittaa hukkan minimointia. Kiertotaloudessa tuotteen saavuttaessa elinkaarensa päähän sen sisältämät materiaalit kierrätetään edelleen ja niiden arvontuotto jatkuu. Tämä eroaa aiemmin esitellystä lineaarisesta mallista, joka nojaa usein halpojen ja helposti saatavien materiaalien sekä energian varaan. Kiertotalous mukaillee siis aiemmin esiteltyä suljetun kierron mallia, mutta laajentaa käsitteen toimitusketjusta kokonaiskuvaan. European Parliamentin (2015) mukaan materiaalien uudelleenkäyttö sekä kierrätys hidastaisi luonnosta saatavien resurssien käyttöä suuresti ja täten suojelisi biodiversiteettiä. Lisättyä etuna kiertotalouden malleja käytettäessä olisivat esimerkiksi vähennykset kasvihuonekaasupäästöissä. Ritchien ja Freedin (2021) mukaan kestävyyttä tavoitellessa tulisi hylätä ajatus, siitä että hävikki ja jäte ovat niin sanottuja välttämättömiä pahoja nykyajan teollisuudessa. Lineaarisista

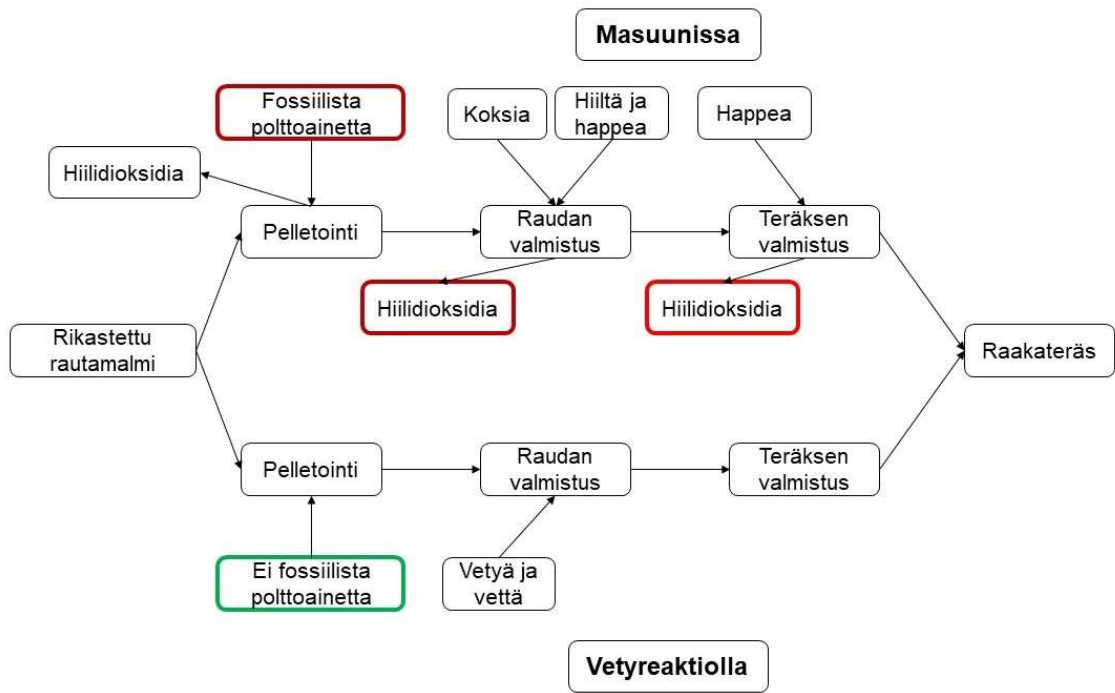
toimintamalleista aiheutuvaa jätettä voitaisiin ennemmin ajatella resurssina, joka ei ole vielä saapunut elinkaarensa seuraavaan vaiheeseen.

#### **4.4 Esimerkki: Fossiilivapaa teräs**

Tärkeä osa-alue ekologisesti kestävä toiminnan tavoittelussa on uusien teknologioiden ja innovaatioiden kehittäminen ja käyttöönotto. Hyvä esimerkki tällaisista teknologioista on muun muassa muutama vuosi sitten esitelty uusi tuotantotapa teräkselle, joka on täysin fossiilivapaa, eli se on tuotettu täysin käyttämättä tai tuottamatta fossiilisia polttoaineita.

Teräksen tuotanto tuottaa maailmanlaajuisesti noin 7-9 % kaikista ilmaan pääsevästä hiilidioksidipäästöistä (Sipola 2021). Määrä on hälyttävän suuri, ja voidaan huomata, että toiminta ei nykyisellään ole kovinkaan kestävää ympäristönäkökulmasta tarkasteltuna. Muutamien alan yritysten aloittamat kehityshankkeet tähän liittyen ja vuonna 2021 SSAB tuotti ensimmäisen erän täysin fossiilivapaasti valmistettua terästä (SSAB, 2023). Hanketta kutsutaan nimellä Hydrogen Breakthrough Ironmaking Technology (lyh. HYBRIT), ja sen tavoitteena on teräksen valmistus täysin fossiilivapaasti. Mainituissa prosesseissa myös raaka-aineet sekä energia tuotetaan täysin fossiilivapailla menetelmillä, eli se ei aiheuta myöskään epäsuoria ympäristövaikutuksia. Hankkeessa on mukana kolme suurta alan yritystä: SSAB, LKAB sekä Vattenfall. Tavoitteena on tuottaa kaupallisia määriä fossiilivapaata terästä jo vuonna 2026. (Sipola 2021)

Uusi menetelmä eroaa vanhasta suuresti esimerkiksi sen osalta, miten happi erotetaan rautamalmista. Perinteisin metodein tuotetussa teräksessä happi erotetaan rautamalmista masuunissa hyödyntäen hiiltä sekä koksia, joka tuottaa suuren määrän hiilidioksidipäästöjä. Uudessa metodissa hapen erottamiseen käytetään vetyä, ja sivutuotteena syntyy hiilidioksidin sijaan vettä (SSAB 2023). HYBRIT-prosessin lopputuloksena saadaan rautasientä, joka sulatetaan sähköuunissa. Teräs, jota uudella valmistusprosessilla tuotetaan on SSAB:n (2023) mukaan ominaisuuksiltaan täysin samanlaista kuin perinteisillä metodeilla tuotettu ja sen käyttökohteet ovat sitä myötä myös täysin vastaavanlaiset. Alla olevassa kuvassa 4 esitellään perinteinen sekä uusi fossiilivapaa teräksentuotantoprosessi.



**Kuva 4:** Perinteinen sekä fossiilivapaa teräksen valmistusprosessi (muokattu lähteestä Sipola 2021)

SSAB:n (2023) mukaan fossiilivapaa teräs tulee olemaan hinnaltaan kalliimpaa, kuin vanhoilla menetelmillä tuotettu teräs. Tämä selittyy sillä, että siirryttäessä uudenlaiseen valmistusprosessiin, vaatii muutos suuria investointeja itse tuotantoon sekä sitä tukevaan infrastruktuuriin. Investoinnit ovat kuitenkin välttämättömiä, kun pyritään siirtymään kestävämpiin toimintatapoihin teollisuudessa.

## 5. REFLEKTIO

Tämän työn tavoitteeksi määriteltiin edellä pohtia keinoja, joilla teollisuuden toimintoja voitaisiin kehittää ympäristön kannalta kestävämpään suuntaan. Tässä luvussa käsitellään aiemmissa luvuissa kirjallisuuslähteiden kautta esille tuotuja seikkoja ja esitetään pohdintoja eri osa-alueista sekä konsepteista, jotka voivat vaikuttaa ekologiseen kestävyteen valmistavan teollisuuden näkökulmasta.

Valmistavan teollisuuden aihealuetta esitellessä tuli ilmi, että se on alana erittäin laaja ja sisältää monia erilaisia aihealueita. Organisaatioiden sisällä on monia erilaisia toimintoja, jotka toimivat yhteistyössä keskenään ja esimerkiksi toiminnan tehokkuuden kannalta on tärkeää, että nämä toiminnot pystyvät toimimaan yhteen sekä luomaan kattavan ja toimivan strategian. Myös esimerkiksi tuotantojärjestelmään liittyvät päätökset vaikuttavat laajasti tuloksiin, jos tarkastellaan toimintaa ympäristön näkökulmasta. Tutkimuksen pohjalta nousi esille, että suuri osa teollisuuden tuottamista ympäristövaikutuksista eivät johdu suoraan itse tuotannosta. Esimerkiksi ostoenergian tuotannosta aiheutuvat epäsuorat päästöt ovat suuressa osassa kun tarkastellaan kestävyttä kokonaisvaltaisesti.

Tutkimuksen pohjalta nousi esille myös monia mielenkiintoisia konsepteja. Kiertotalouden mallit sekä suljetun kierron materiaalivirrat ovat toimintatapoja, joihin tulisi kiinnittää yhä enemmän huomiota tulevaisuudessa. Vanhanaikaiset lineaariset mallit, joissa tuotteiden elinkaareen tai niiden kierrätykseen ei kiinnitetä niin paljoa huomiota, tulisi jättää pois toiminnasta, jos haluamme, että resurssit riittävät jatkossakin. Kirjallisuuslähteitä tutkiessa nousi esille myös erilaisia standardeja sekä viitekehyksiä, joita organisaatiot voivat hyödyntää toimintansa kehittämiseen. GRI:n luomat raportointistandardit antavan organisaatioille loistavan pohjan vastuullisemman toiminnan luomiseen sekä siitä raportoimiseen.

Yleisesti ottaen huomattiin, että kestävyden tarkastelu ei ole kovinkaan suoraviivaista. Yksittäisten prosessien tai tuotteiden vaikutusten arviointi ei anna tarpeeksi hyvää kuvaa toiminnan ympäristövaikutuksista, sillä vaikutuksia syntyy koko tuotteen elinkaaren ajalta. Tähän löydettiin työkaluksi elinkaariarviointi, jonka suorittamiseen on luotu standardeja, joita organisaatiot voivat noudattaa.

## 6. YHTEENVETO

Tässä työssä perehdyttiin kestäväan kehitykseen sekä valmistavaan teollisuuteen käsitteinä ja käsiteltiin miten ekologinen kestävyys näkyy teollisuudessa. Toisessa luvussa esiteltiin valmistava teollisuus perusteellisesti sekä syvennettiin erilaisiin tuotantomuotoihin sekä toimintoihin valmistavan teollisuuden yrityksissä. Luvussa esiteltiin myös tuotantjärjestelmä sekä tuotantostrategia käsitteinä. Luvussa käsiteltiin myös kestäväa tuotantoa, mitä se tarkoittaa ja vaatimuksia sen toteutumiselle. Kestävä tuotanto on käsitteenä laaja ja siihen liittyy esimerkiksi tuotteiden uudelleenkäyttö sekä kierrätys. Myös materiaalivirrat liittyvät kestäväan tuotantoon vahvasti. Kestävä tuotanto voi olla organisaation näkökulmasta hyvinkin haastavaa tavoitella, mutta se voi myös avata paljon uusia mahdollisuuksia yritykselle.

Luvussa kolme syvennyttiin kestäväan kehitykseen kokonaisuutena. Luvussa esiteltiin myös erilaisia standardeja sekä raportoinnin viitekehyksiä, joita organisaatiot voivat sulauttaa toimintaansa ajaakseen sitä kestävämpään suuntaan. Kestävyyttä käsiteltiin ensin pääpiirteisesti esittelemällä kestävan kehityksen konsepti ja siihen liittyvät osa-alueet. Vaikkakin työn tarkoituksena oli tuoda kirjallisuuslähteiden kautta esille erityisesti ekologista kestävyttä, voidaan huomata, että kestävan kehityksen osa-alueet linkittyvät toisiinsa vahvasti ja on vaikeaa tavoitella vain yhtä näistä kerrallaan.

Neljännessä luvussa perehdyttiin valmistavaan teollisuuteen ja ekologiseen kestävyteen kokonaisuuksina ja eritoten siihen, miten valitut kaksi aihetta liittyvät toisiinsa. Luvussa käsiteltiin paljon tilastoja valmistavan teollisuuden aiheuttamista ympäristövaikutuksista ja huomattiin, että suurimmat vaikutukset syntyvät teollisuudesta johtuvista kasvihuonekaasupäästöistä. Ympäristövaikutuksille voitiin määritellä kaksi eri pääryhmää, suorat ja epäsuorat ympäristövaikutukset, joissa suorat vaikutukset tarkoittavat itse valmistusprosessista aiheutuvia vaikutuksia ja epäsuorat liittyvät esimerkiksi energiantuotantoon sekä toimitusketjuihin. Teollisuus voi aiheuttaa epäsuoria ympäristövaikutuksia myös esimerkiksi ympäristövahinkojen muodossa. Luvussa käsiteltiin myös erilaisia toimintamalleja ja työkaluja, joilla voidaan pyrkiä ajamaan toimintaa kestävämpään suuntaan. Elinkaariarviointi työkaluna antaa organisaatiolle paljon hyödyllistä tietoa sen tuottamien tuotteiden aiheuttamista ympäristövaikutuksista koko sen elinkaaren ajalta ja tämä tieto voi auttaa organisaatioita tekemään vastuullisempia valintoja esimerkiksi tuotteiden kierrätykseen liittyen. Kiertotalous sekä suljetun kierron materiaalivirrat ovat konsepteina hyvinkin erilaisia nykyajan yleisesti käytössä olevista lineaarisista malleista. Edellä mainittujen

perusideana on hallita tuotteiden elinkaaria ja keskittyä kierrättämään niitä niin pitkälle kuin mahdollista. Kyseiset mallit ovat hyvinkin tärkeitä kestävyyskannalta, sillä ne minimoivat hukkaan meneviä resursseja sekä energiaa. Luvussa 4 annettiin myös reaali maailman esimerkki siitä, miten uusia teknologioita kehittämällä ja hyödyntämällä voidaan luoda toiminnasta kestävämpää ympäristön kannalta.

Viidennessä luvussa esiteltiin omia pohdintoja aiemmin esiteltyjen aiheiden pohjalta. Esille nousivat etenkin edellä mainitut kiertotalouden mallit sekä kestävyysarvioinnin monimutkaisuus. Tutkimuksen pohjalta huomattiin, että kestävyysliikkeen on kirjoitettu paljon kirjallisuutta ja erilaisia toimintamalleja sekä työkaluja on kehitetty jo pidemmän aikaa. Nykyaikana monet osa-alueet eivät kuitenkaan toiminnassaan noudata kestäviä toimintamalleja. Jotta merkittävää muutosta saataisiin aikaiseksi tulee organisaatioiden muuttaa ajattelutapojaan sekä toimintamallejaan suuresti.



## LÄHTEET

- Britannica (2023). *Production system | Definition, Types, Examples, & Facts*. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 12.04.2023): <https://www.britannica.com/technology/production-system>
- European Environment Agency (n. d.). *Industry*. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 12.04.2023): <https://www.eea.europa.eu/themes/industry>
- European Parliament (2015). *Circular economy: definition, importance and benefits*. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 12.04.2023): <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/economy/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits>
- Eurostat (2022). *Energy statistics – An overview*. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 12.04.2023): [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy\\_statistics\\_-\\_an\\_overview](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_statistics_-_an_overview)
- Eurostat (2023). *Industrial emission statistics*. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 12.04.2023): [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Industrial\\_emission\\_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Industrial_emission_statistics)
- Global Reporting Initiative (2022). *The GRI Standards: Enabling transparency on organizational impacts*. Pdf-dokumentti. Saatavissa (viitattu 12.04.2023): <https://www.globalreporting.org/media/wmxlklns/about-gri-brochure-2022.pdf>
- Global Reporting Initiative (2016). *GRI 305: Emissions 2016*. Pdf-dokumentti. Saatavissa (viitattu 12.04.2023): <https://www.globalreporting.org/standards/>
- Global Reporting Initiative (2016). *GRI 302: Energy 2016*. Pdf-dokumentti. Saatavissa (viitattu 12.04.2023): <https://www.globalreporting.org/standards/>
- Goodland, R. (1995). *The Concept of Environmental Sustainability*. Annual Review of Ecology and Systematics, 26, 1-24.
- Heidel, D. S. (2008). *Manufacturing Sector*. Journal of Safety Research, 39(2), 183-186.
- Ikerd, J. (2012). *The Essentials of Economic Sustainability*. Boulder: Lynne Rienner Publishers.
- Jolliet, O., Saade-Sbeih, M., Shaked, S., Jolliet, A., & Crettaz, P. (2015). *Environmental Life Cycle Assessment*. Baton Rouge: Taylor & Francis Group.

Krajnc, D., & Glavic, P. (2003). *Indicators of sustainable production*. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 5(3), 279-288.

Law, J. (2016). *PDCA. A Dictionary of Business and Management*. Oxford: Oxford University Press.

Logistiikan Maailma (2023). *Tuotantotyypit*. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 12.04.2023): <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotantostrategia/tuotantotyypit/>

Martinsuo, M., Mäkinen, S., Suomala, P., & Lyly-Yrjänäinen, J. (2016). *Teollisuustalous kehittyvässä liiketoiminnassa*. Helsinki: Edita.

OECD (2008). *Measuring Sustainable Production*. Organisation for Economic Co-operation and Development. Pdf-dokumentti. Saatavissa (viitattu 12.04.2023): [https://www.oecd-ilibrary.org/environment/measuring-sustainable-production\\_9789264044135-en](https://www.oecd-ilibrary.org/environment/measuring-sustainable-production_9789264044135-en)

Onnettomuustutkintakeskus (2012). *Ympäristöonnettomuus Talvivaaran kaivoksella marraskuussa 2012*. Pdf-dokumentti. Saatavissa (viitattu 12.04.2023): [https://www.turvallisuustutkinta.fi/material/attachments/otkes/tutkintaselostukset/fi/muutonnettomuudet/2012/k2wFN7MMJ/Y2012-03\\_Tutkintaselostus.pdf](https://www.turvallisuustutkinta.fi/material/attachments/otkes/tutkintaselostukset/fi/muutonnettomuudet/2012/k2wFN7MMJ/Y2012-03_Tutkintaselostus.pdf)

Ritchie, K. J., Freed, E. C. (2021). *Circular Economy for Dummies*. Hoboken: John Wiley & Sons.

Scallan, P. (2003). *1 – Introduction to manufacturing*. *Process Planning* (1-34). Oxford: Butterworth-Heinemann.

SFS-EN ISO 14031 (2020). *Ympäristöasioiden hallinta. Ympäristönsuojelun tason arviointi. Ohjeistusta*. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS ry. Saatavissa (viitattu 12.04.2023):

<https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/1145603.html.stx>

SFS-EN ISO 14040 (2006). *Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet*. Helsinki. Suomen standardoimisliitto SFS ry. Saatavissa (viitattu 12.04.2023):

<https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/1063478.html.stx>

SFS-EN ISO 14044 (2006). *Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Vaatimukset ja suuntaviivoja*. Helsinki. Suomen standardoimisliitto SFS ry. Saatavissa (viitattu 12.04.2023):

<https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/1096273.html.stx>

Sipola, T. (2021). *Maailman ensimmäinen erä fossiilivapaata terästä on valmiina – uusi teknologia vähentää pian Suomen hiilidioksidipäästöjä seitsemän prosenttia*. Yle Uutiset. Saatavissa (viitattu 12.04.2023): <https://yle.fi/a/3-12062634>

Souza, G. (2017). *Sustainable Operations and Closed Loop Supply Chains*. New York: Business Expert Press.

SSAB (2023) *Fossil-free steel*. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 12.04.2023): <https://www.ssab.com/en/fossil-free-steel>

Stevenson, W. J. (2015). *Operations Management*. New York: McGraw-Hill Education.

Suomen Biokierto Oy (2018). *Mitä on ekologinen kestävyys?*. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 12.04.2023): <https://www.biokierto.fi/mita-on-ekologinen-kestavyys/>

Tilastokeskus (2008). *Toimialaluokitus 2008*. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 12.04.2023): <https://www.stat.fi/fi/luokitukset/toimiala/?code=C&name=Teollisuus>

Tilastokeskus (n. d.) *Teollisuuden energiankäyttö toimialoittain*. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 12.04.2023): [https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_\\_tene/statfin\\_tene\\_pxt\\_11wy.px/table/tableViewLayout1/](https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__tene/statfin_tene_pxt_11wy.px/table/tableViewLayout1/)

Tilastokeskus (2022). *Kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2021 pienessä nousussa*. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 12.04.2023): <https://www.stat.fi/julkaisu/cktlf0i203azm0a519to5exzc>

Tuomainen, J., Högmander, P., Pyy, O. (2021). *Ympäristövahingot Suomessa vuosina 2013-2019*. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 8 | 2021. Pdf-dokumentti. Saatavissa (viitattu 12.04.2023): <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-5370-9>

UN Global Compact (n. d.). *Social Sustainability*. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 12.04.2023): <https://unglobalcompact.org/what-is-gc/our-work/social>

United Nations (1987). *Our Common Future*. Pdf-dokumentti. Saatavissa (viitattu 12.04.2023): <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>

Ympäristöministeriö (2023). *Mitä on kestävä kehitys?*. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 12.04.2023): <https://ym.fi/mita-on-kestava-kehitys>