



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Hanna Pasanen

---

# LCA-laskentaohjelmiston käyttöönotto perunatärkkelystä käsittelevässä yrityksessä

Opinnäytetyö

Kevät 2023

Insinööri (AMK), Bio- ja elintarviketekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), Bio- ja elintarviketekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Elintarviketeknologia

Tekijä: Hanna Pasanen

Työn nimi: LCA-laskentaohjelmiston käyttöönotto perunatärkkelystä käsittelevässä yrityksessä

Ohjaaja: Jarmo Alarinta

Vuosi: 2023

Sivumäärä: 43

Liitteiden lukumäärä: 1

---

Opinnäytetyön tavoitteena on luoda kokeelliseen osioon ohje SimaPro-ohjelmiston käyttöönottoon, mallintaen helppoa tapaa luoda yksinkertainen kokoonpano ja suorittaa siitä laskelma.

Opinnäytetyön aihe on saatu toimeksiantona Seinäjoen ammattikorkeakoulussa (SeAMK) toimivan Ilmastokestävät elintarvikeprosessit, eli IKE-hankkeen kautta Chemigate Oy:lle Lapualla. Yritys on hankkinut lisenssin SimaPro:lle, ja on sitä ottamassa käyttöön omien tuotteidensa elinkaarien laskemiseen. Opinnäytetyö antaa ohjeet, joilla yritys pääsee laskelman teossa alkuun.

Kirjallisessa osiossa käydään läpi perunatärkkelyksen koostumusta ja siihen vaikuttavia asioita sekä perunatärkkelyksen erotusprosessia, lisäksi opinnäytetyössä kerrotaan lyhyesti perunan alkutuotannon ilmastovaikutuksista sekä elinkaarilaskennan menetelmistä.

Elinkaariarvioinnin laskeminen voi olla erittäin työläs projekti, joten SimaPro:lla suoritettavaan laskelmaan rajattiin tasealue kattamaan perunatärkkelyksen erotusprosessin, joka alkaa perunan saapumisesta tehtaalte, loppuen kuivattuun tärkkelysjauhoon. Prosessissa perunasta jää tärkkelyksen erotuksesta kuituja ja solunestettä, joita käytetään hyödyksi rehuna ja lannoitteena. Näiden sivuvirtojen ympäristövaikutuksia ei oteta huomioon laskelmassa, vaan niitä pohditaan sanallisesti.

Tulokseksi saatiin 0,865 kg CO<sub>2</sub> ekv/kg, mikä kuvaa perunatärkkelyksen päästöjä vuodelta 2022. Tulos on suuntaa antava, sillä prosessia ei ole viety ohjelmiston kokoonpanoihin täydellisesti. Ongelmaksi koettiin prosessin luonti osakokoonpanoihin, sillä lopputuote ei koostu monesta eri osasta, vaan se on osa toista kokonaisuutta, josta se erotetaan.

---

<sup>1</sup> Asiasanat: peruna, tärkkelys, tärkkelysteollisuus, elinkaariarviointi, ympäristövaikutus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## Thesis abstract

Degree programme: Bachelor of Engineering, Food Processing and Biotechnology

Specialisation: Food Technology

Author: Hanna Pasanen

Title of thesis: Implementation of LCA calculation software in a potato starch processing company

Supervisor: Jarmo Alarinta

Year: 2023

Number of pages: 43

Number of appendices: 1

---

The goal of the thesis was to create an introduction for the implementation of the SimaPro software, by modelling an easy method to create a simple assembly and perform a calculation based on it.

The subject of the thesis was commissioned by the IKE project (climate resilient food processes) at Seinäjoki University of Applied Sciences and the study was performed for Chemigate Oy in Lapua. The company has acquired a license for SimaPro and they are going to use it to calculate the life cycles of their own products. The thesis will provide the company with calculation instructions.

The literature part reviews the composition of potato starch and the factors that affect it, as well as the separation process of potato starch. Additionally, the thesis briefly describes the climate effects of primary potato production and the methods of life cycle calculation.

Calculating a life cycle analysis can be a very demanding project. In this study the balance area in the calculation performed with SimaPro was limited to cover the potato starch separation process, which starts when the potato arrives at the factory, and ends with the dried starch flour. In the process, the separation of starch from the potato produces fibers and cell sap, which are used as animal feed and fertilizers. The environmental effects of these side streams are not taken into account in the calculation but are considered verbally.

The result was 0,865 kg CO<sub>2</sub> eq/kg, which describes the emissions of the potato starch in the year of 2022. The result is indicative, as the process has not been fully imported into the software assembly. Creating the process into sub-assemblies was considered problematic, because the end product does not consist of several parts, but it is part of another entity from which it is separated.

---

<sup>1</sup> Keywords: potato, starch, starch industry, life cycle analysis, environmental impact assessment

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä .....	2
Thesis abstract .....	3
SISÄLTÖ .....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo .....	5
1 JOHDANTO .....	7
2 PERUNATÄRKKELYS .....	9
2.1 Tärkkelyksen koostumus .....	9
2.2 Perunalajikkeiden ja viljelytekniikan vaikutus .....	10
2.3 Perunan ympäristövaikutukset .....	13
3 PERUNATÄRKKELYKSEN VALMISTUSPROSESSI .....	14
3.1 Tuotantomäärät Lapuan tehtaalla 2022.....	15
3.2 Prosessista syntyvät sivuvirrat .....	16
4 ELINKAARIARVIOINTI (LCA).....	17
4.1 Elinkaariarvioinnin historia.....	17
4.2 Elinkaariarvioinnin tarkoitus.....	17
4.3 Elinkaariarvioinnin menetelmät.....	19
5 SIMAPRO:N KÄYTTÖÖNOTTO .....	21
5.1 SimaPro .....	21
5.2 Näin pääset alkuun.....	21
5.3 Prosessin luonti ja tietojen syöttö .....	23
5.4 Laskenta ja tulosten vienti tiedostoksi .....	29
5.5 Tulosten tulkinta .....	33
6 POHDINTAA SIVUJAKEISTA .....	35
7 YHTEENVETO .....	37
LÄHTEET .....	40
LIITTEET .....	43

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo

Kuva 1. Mikroskooppikuva perunaviipaleesta (Pasanen, 2019).....	9
Kuva 2. Mikroskooppikuva erotetusta tärkkelyksestä (Pasanen, 2019).....	10
Kuvio 1. Amyloosin ja amylopektiinin rakenne (Nawas ym., 2020, s. 3) CC BY 3.0. ....	9
Kuvio 2. Fotosynteesin pääperiaate (Pasanen, 2023). ....	12
Kuvio 3. Perunatärkkelyksen erotusprosessi (Lapuan Peruna/Finnamyl, 2023).....	14
Kuvio 4. Elinkaariarvioinnin vaiheet ja niiden väliset suhteet. ....	18
Kuvio 5. SimaPro, uuden projektin luonti. ....	23
Kuvio 6. SimaPro, tietokantojen valinta.....	24
Kuvio 7. SimaPro, kokoonpanon luonti. ....	24
Kuvio 8. SimaPro, materiaalivalikko.....	25
Kuvio 9. SimaPro, uuden kokoonpanon luonti. ....	25
Kuvio 10. SimaPro, navigointi osakokoonpanon tietoihin. ....	26
Kuvio 11. SimaPro, osakokoonpanon sijainti. ....	26
Kuvio 12. SimaPro, osakokoonpanon tulot ja lähdöt.....	27
Kuvio 13. SimaPro, määrän ja yksikön lisäys osakokoonpanolle.....	28
Kuvio 14. SimaPro, menetelmän asetus oletukseksi. ....	28
Kuvio 16. SimaPro, laskelman valmistelu. ....	29
Kuvio 15. SimaPro, analyysikuvake korostettuna. ....	29

Kuvio 17. SimaPro, single score -kuvio.....	30
Kuvio 18. SimaPro, prosessin tulovirrat prosentteina. ....	31
Kuvio 19. SimaPro, prosessin tulovirrat yksikössä kg CO2 eq.....	31
Kuvio 20. SimaPro, tulokset taulukossa.....	32
Kuvio 21. SimaPro, taulukon vienti tiedostoksi. ....	32
Kuvio 22. SimaPro, perunoiden tietokantavertailu single score. ....	39
Taulukko 1. Käyntikausi Lapualla vuonna 2022.....	15
Taulukko 2. Tärkkelysperunan eri materiaalivirrat Lapualla vuonna 2022. ....	16
Taulukko 3. Perunatärkkelysprosessin tulo- ja lähtövirrat vuonna 2022 .....	22
Taulukko 4. Perunasta saatavien jakeiden kuiva-ainepitoisuudet sekä niiden prosentuaaliset määrät. ....	34

## 1 JOHDANTO

Perunan (*Solanum tuberosum*) löysivät inkaintiaanit Etelä-Amerikan Andeilta noin 5000 vuotta ennen ajanlaskun alkua (Peda.net, i.a.). He jalostivat vähiten myrkytysoireita aiheuttavista ja vähiten kitkeristä yksilöistä satojen vuosien ajan perunalajikkeen, josta muodostui hiljalleen runsaskasvustoinen peruna. Euroopassa peruna on tunnettu vasta noin 500 vuotta, kun espanjalaiset löytöretkeilijät palasivat 1500-luvulla Etelä-Amerikasta takaisin perunoita mukanaan. Jo matkan aikana perunan terveyshyödyistä saatiin näyttöä, sillä pelätty keripukki ei tarttunut perunoita syöville merimiehille. Euroopan ensimmäiset perunat on todennäköisimmin istutettu Kanariansaarilla vuonna 1562.

Peruna levisi laajemmalti Eurooppaan jo 1500-luvun lopulla, ei kuitenkaan syötäväksi, vaan sitä käytettiin esimerkiksi herraskartanoilla koristekasvina (Peda.net, i.a.). Perunaa alettiin käyttää laajemmin ravintona vasta 1700-luvulla. Suomeen peruna on saapunut vuonna 1658 Uppsalan kasvitieteelliseen puutarhaan, jossa sille nimeksi annettiin perulainen koiso. Suomen ensimmäiset perunat viljeltiin Inkoossa, Fagervikin kartanossa 1730-luvun alussa. Perunaa alettiin viljelemään laajemmin 1760-luvulla, kun se levisi ympäri Suomea ruotusotamiesten mukana Pommerin sodasta palatessaan, jossa he olivat oppineet perunan ravinto-ominaisuuksista sekä viinanpolttomahdollisuuksista. Peruna on kuitenkin juurtunut osaksi suomalaista ruokakulttuuria vasta 1800-luvulla, kun tietoisuus sen oikeasta hyödyntämisestä kasvoi.

Maaseudulle Suomen etelä- ja länsiosiin perunan viljely oli levinnyt torppareille 1760–70-luvulta lähtien, mutta vasta 1800-luvulla peruna levisi valtion rahoittamien toimien ansiosta Savoan ja Karjalaan (Suomen Peruna, i.a.). Ensin perunaa käytettiin väärin, kun oli epäselvää, mikä sen osa kelpaa syötäväksi, mutta pappien levittäessä tietoa seurakuntien keskuudessa alkoivat perunan käyttömahdollisuudet avautua.

Perunan viljely sopi parhaiten pienviljelijöille, sillä se tuotti satoa enemmän kuin viljan viljely (Suomen Peruna, i.a.). Perunaa pystyi viljelemään myös sellaisilla paikoilla, joissa ei varsinaisesti ollut peltoa. Sato saatiin säilymään hyvin myös talven yli, mikä takasi ravinnon saannin, kun viljan hinta oli korkealla.

Moni yritys on kiinnittänyt enemmän huomiota omien tuotteidensa ja palveluidensa ympäristövaikutuksiin viime vuosina, ja trendi on ollut kasvavaa. Life Cycle Assessment (LCA) eli elinkaariarviointi on kätevä työkalu tuotantoketjun kulutuksen ympäristövaikutusten tunnistamiseen ja ymmärtämiseen. Se ottaa huomioon tuotteen elinkaaren kaikki vaiheet raaka-aineen tuottamisesta aina tuotteen hävittämiseen tai kierrätykseen. LCA voi siis auttaa tunnistamaan ympäristön kuormituspisteitä ja parannusmahdollisuuksia tuotannon eri vaiheista.

Teollisuudessa yksi LCA:n tärkeimmistä hyödyistä on perinteisistä arvioinneista helposti huomaamatta jääneiden ympäristövaikutusten tunnistaminen. Esimerkiksi LCA voi paljastaa kasvintuotannon ympäristövaikutukset, kuten torjunta-aineiden, lannoitteiden ja veden käytön. Saamalla kokonaisvaltaisen näkemyksen tuotteen elinkaaresta LCA voi auttaa yrityksiä tekemään päätöksiä toiminnastaan ja tunnistamaan alueita, joilla ne voivat parantaa kestävän kehityksen käytäntöjään. Monet suomalaiset yritykset ovatkin sitoutuneet Pariisin ilmasopimuksen päästötavoitteisiin, eli ne pyrkivät vähentämään päästöjään ja tavoittelevat hiilineutraaliutta vuoteen 2050 mennessä (STT Viestintäpalvelut, 2022).

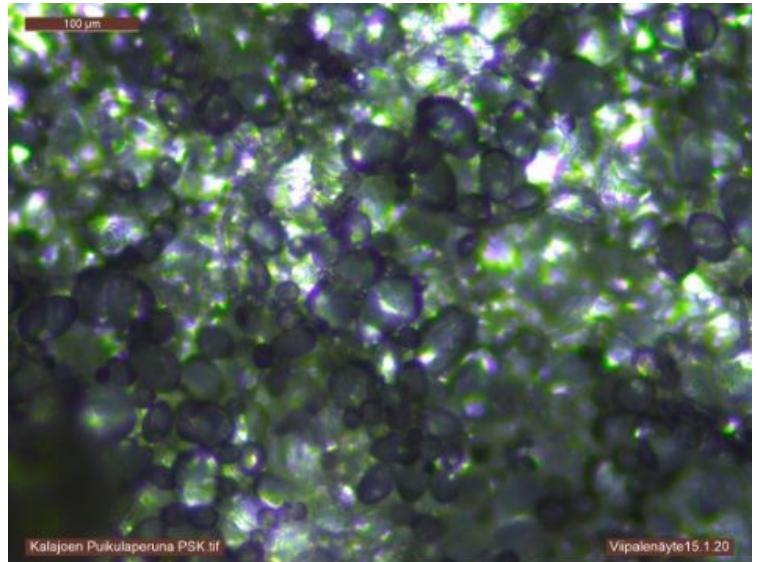
Toinen LCA:n hyöty on sen kyky luoda dataa, jolla voidaan tiedottaa kuluttajille tuotteiden ympäristövaikutuksista. Kuluttajat ovat yhä enemmän huolissaan valintojensa ympäristövaikutuksista, ja LCA:n data voi auttaa heitä tekemään tietoisia päätöksiä. Antamalla tietoa kuluttajat voivat valita tuotteita, joissa tuotanto on kehitetty parhaimmalla mahdollisella tavalla kestäväksi ja ympäristölle vähiten kuormaa aiheuttavaksi.

Työn toisessa pääluvussa käydään läpi perunatärkkelyksen rakennetta ja siihen vaikuttavia asioita, jonka jälkeen luvussa 3 kerrotaan perunatärkkelyksen valmistusprosessista. Luvussa 4 kuvataan elinkaarilaskennan tarkoitusta ja menetelmiä. Työn lopusta löytyvät ohjeet SimaPro-laskentaohjelmiston aloitukseen, jonka jälkeen kerrotaan mietteitä elinkaariarvioinnista sekä pohditaan perunatärkkelysprosessin sivuvirtojen ympäristövaikutuksia.

## 2 PERUNATÄRKKELYS

### 2.1 Täykkelyksen koostumus

Täykkelys on kasveissa varastoituva polysakkaridi, joka varastoituu kasvin juuriin, mukuloihin tai siemeniin (Vaclavik & Christian, 2003, s. 47–48). Kuvassa 1 mikroskooppikuva perunaviipaleesta, jossa violettisin reunoin näkyvät täykkelysjyvät. Vihreän sävyinen massa on perunan muita rakennosia, kuten kuituja ja solunestettä.

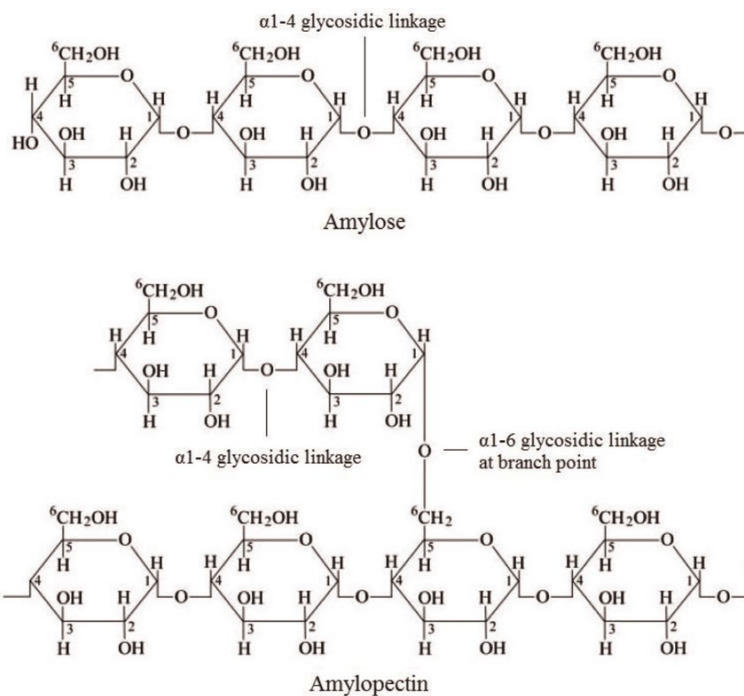


Vaclavik ja Christian (2003, s. 47–48) kertovat, että täykkelysjyvät koostuvat pitkistä glukoosipolymeeri-ketjuista,

Kuva 1. Mikroskooppikuva perunaviipaleesta (Pasanen, 2019).

joita ovat amyloosi ja amylopektiini. Niiden glukoosiosat ovat kiinnittyneinä toisiinsa glykosididoksin.

Kuviosta 1 näemme, että amyloosin rakenne on suora ketju. Amylopektiiniketjussa on 15–30 glukoosin välein haaroituma, jossa on kiinnittyneenä toisia glukoosiketjuja (s. 43). Glykosididokset muodostuvat, kun yhden monosakkaridin karbonyyliryhmä reagoi toisen molekyylin hydroksyyliiryhmän kanssa, jolloin vesi eliminoituu (s. 38). Pärssinen ym. (2012, s. 46–47) selkeyttävät, että vasemmanpuoleisesta glukoosista 1-hiili yhdistyy oikeanpuoleisen glukoosin jonkin muun

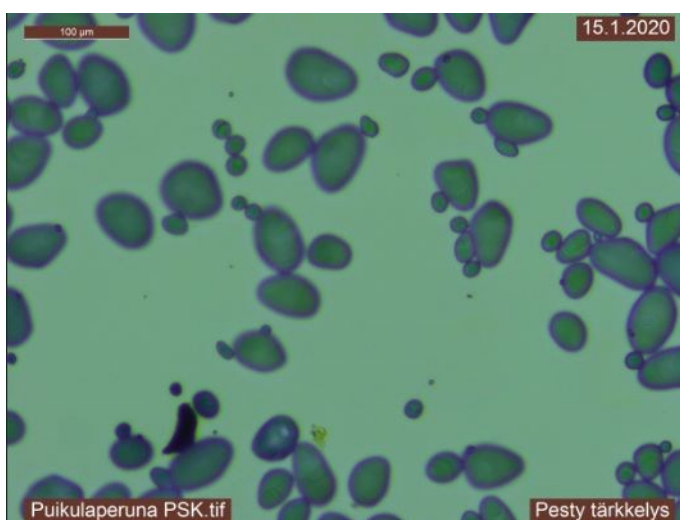


Kuvio 1. Amyloosin ja amylopektiinin rakenne (Nawas ym., 2020, s. 3) CC BY 3.0.

hiilen kanssa (ks. kuvio 1). Tärkkelyksen tapauksessa muodostuu  $\alpha$ -1,4-sidoksia sekä amyloosissa että amylopektiinissä. Lisäksi amylopektiinin haaroittumiin muodostuu  $\alpha$ -1,6-sidoksia, mikä tekee amylopektiinistä huomommin veteen liukenevan.

Usein tärkkelykset sisältävät sekä amyloosia että amylopektiiniä, mutta joissain tapauksissa tärkkelys sisältää näistä vain toista (Vaclavic & Christian, 2003, s. 43). Runsaasti amyloosia sisältävä tärkkelys muodostaa geelin kuumennuksen ja jäähtymisen jälkeen, kun amyloosiketjut ryhmittyvät lähelle toisiaan. Amylopektiini ei geeliydy, vaan se tekee seoksen viskositeetista paksumman, sillä amylopektiiniketjut eivät ryhmitä samalla tavoin kuin amyloosiketjut (mts. 48, 50).

Perunan tärkkelyksessä on amyloosia noin 20 % ja amylopektiiniä noin 80 % (Thomas & Atwell, 1999, s. 6–7). Sen tärkkelysjiyväset ovat muodoltaan ovaaleita, ja ne ovat läpimitaltaan 5–100  $\mu\text{m}$  (kuva 2).



Kuva 2. Mikroskooppikuva erotetusta tärkkelyksestä (Pasanen, 2019).

Amyloosin ja amylopektiinin järjestystä tärkkelysjiyvässä ei kokonaan tunneta (Thomas & Atwell, 1999, s. 8). Ne eivät kuitenkaan ole sekaisin, vaan ovat jollain tavoin kuitenkin järjestäytyneinä. Kuumennettaessa veden läsnä ollessa, tärkkelysjiyväsien polymeerit menettävät järjestäytymisensä niiden liuetessa veteen.

## 2.2 Perunalajikkeiden ja viljelytekniikan vaikutus

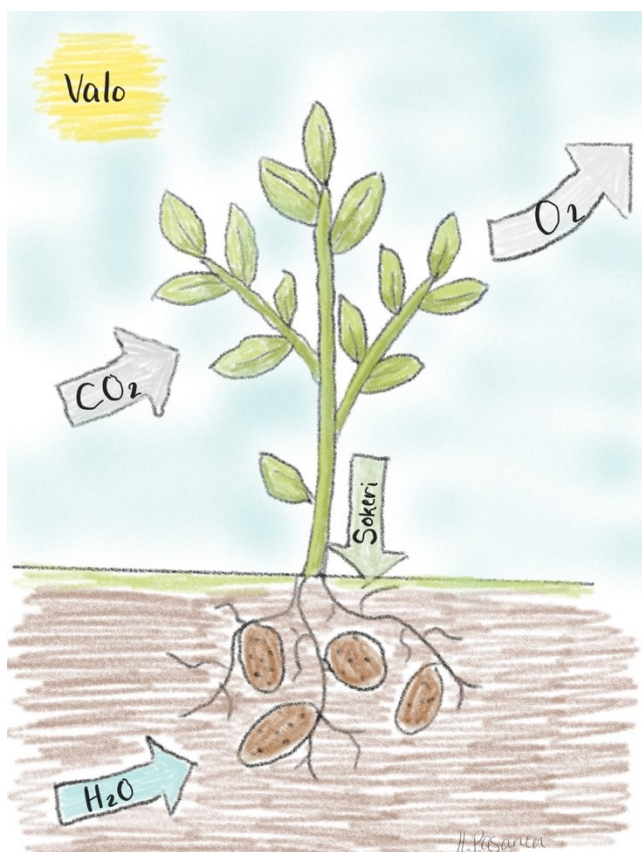
Maa- ja metsätalousministeriön (MMM, 2011, s. 10) mukaan perunaa viljeltiin vuonna 2010 yhteensä 25 100 ha, josta kaksi kolmasosaa viljeltiin läntisessä Suomessa. Jakauma ei ole hirveästi tästä muuttunut vuosien varrella, sillä Luonnonvarakeskuksen (Luke, 28.4.2023) mukaan yli 75 % perunoista viljeltiin vuonna 2022 Suomen länsiosissa. Peltoalaa käytettiin perunanviljelylle seuraavasti: Etelä-Pohjanmaa n. 5 800 ha, Pohjanmaa n. 4 800 ha, Satakunta n. 4 200 ha ja Pohjois-Pohjanmaa n. 3 900 ha, ja loput muualla Suomessa melko

tasaisesti jaettuna. Laajempi tilasto on liitteessä 1. Myllymäen Peruna (2022) kokoaa vuosittain Ruokaviraston tietojärjestelmästä tilaston perunan viljelystä Suomessa, josta selviää, että perunan kokonaisviljelyala oli vuonna 2022 yhteensä 19 647 ha. Viljelyala oli vähentynyt 727 hehtaaria vuodesta 2021. Tilastoista käy lisäksi ilmi, että tärkkelysperunaa on viljelty vuonna 2022 yhteensä 5 893 ha, jossa viisi eniten viljeltyä tärkkelysperunaa olivat Posmo (1 982 ha), Kuras (1 239 ha), Kardal (876 ha), Nofy (356 ha) ja Eurostarch (340 ha).

Marjo Valtonen (henkilökohtainen tiedonanto 28.3.2023) Lapuan Perunalta (Finnamyl) kertoo, että tärkkelysperunalajikkeet eroavat toisistaan mm. tärkkelyspitoisuudessa, mukuloiden koossa, muodossa ja määrässä, sekä kasvuajan suhteen. Lajikkeet jaotellaan aikaisiin, melko aikaisiin, melko myöhäisiin, myöhäisiin ja erittäin myöhäisiin lajikkeisiin. Hän kertoo, että lajikkeiden välillä vaihtelevat myös kasvuolosuhdevaatimukset, osa pärjää kuivissa oloissa vähemmällä ravinteilla, kun taas toinen ääripää vaatii kosteampaa ja ravinneikkaampaa kasvualustaa. Perunalajike ja lannoitustarve valitaan viljavuustutkimuksen mukaan, joka tehdään viljeltäville pelloille enintään viiden vuoden välein. Valtonen mukaan nykyään tärkein lajikeominaisuus on tautien ja tuholaisien kestävyys, jotka vaikuttavat kasvinsuojeluaineiden käytön tarpeeseen kasvukauden aikana.

Peruna tarvitsee kasvulle välttämättömiä ravinteita, joita ovat pääravinteet typpi, fosfori ja kalium, sivuravinteet magnesium, kalsium ja rikki, sekä hivenravinteet mangaani, boori ja kupari (Ahvenainen ym., 2001, s. 55). Happamien perunalannoitteiden levitys ja kasvien elintoimintojen tuottamat hapot kuluttavat herkästi pellon vähäisiä kalsiumvaroja, minkä vuoksi perunapellot tulee kalkita kalkkikivijauheella tai kalsiumlannoitteella maaperän tarpeen mukaan (mts. 55–56). Kalkkikivijauhetta käytetään, kun pellon pH-arvoa tarvitsee nostaa tärkkelysperunan vaatimaan pH 6,3–6,7, muutoin käytetään kalsiumlannoitteita, jotka eivät nosta pH-arvoa. Kalkitus suositellaan suoritettavaksi välikasvin viljelyn aikana (mts. 56). Välikasvi on kasvi, joka viljellään perunasatojen välissä muutamana vuotena viljelykiertona, jotta pellon maa-aines pysyy ravinteikkaana ja rakenteellisesti hyvänä kasvualustana (Luke, i.a.). Suositeltava perunan viljelykierto on kerran neljään vuoteen, jolloin kolmena vuotena peräkkäin pellolla voidaan viljellä esimerkiksi viljoja, heinänurmea tai palkkasveja, rypsi ei tähän kuitenkaan sovellu.

Tärkkelysjuvästen kokoon vaikuttavat muun muassa viljelytekniikka ja sääolosuhteet (Ahvenainen ym., 2001, s. 34). Tuleentuneen eli täysin kypsyneen perunan tärkkelysjuväset ovat suurempia, jolloin niiden vedensidontakyky on parhaimmillaan sekä ne saadaan erotettua teollisuuden prosessissa tarkemmin. Tärkkelysperunan kasvatuksessa on tavoitteena nopea kehitys ja riittävä mukulamäärä (mts. 65). Rungas mukulamäärä edistää tärkkelyksen muodostumista, joten on hyvä käyttää isoa siemenperunaa. Suomessa alkukesä on usein vähäsateinen, jolloin perunoita voidaan joutua kastelemaan, jotta perunanmuodostus lähtisi käyntiin (mts. 74). Loppukesänä lisääntyvät vesisateet ovat haitaksi tuleentuvan perunan kehitykselle, sillä vedentarve vähenee kasvukauden lopulla. Mukulanmuodostukselle optimaalinen lämpötila on  $+17\text{--}20^{\circ}\text{C}$  (mts. 51). Kun lämpötila menee tämän yli, kasvu hidastuu, sillä perunan hengitys ja haihdunta voimistuu. Peruna viihtyy parhaiten taissaista lämpöä ja kosteutta pitävässä hietamaassa.



Kuvio 2. Fotosynteesin pääperiaate (Pasanen, 2023).

On todettu, että heikon fotosynteesin aikana tärkkelysjuvästen muodostumiseen vaikuttavat entsyymiryhmät eivät toimi riittävän hyvin, mikä voidaan nähdä fosfaatin sijainnista tärkkelysjuväsen reunoilla, eikä sen sisäosissa kiinnittyneenä (Singh & Jaspreet, 2016, s.67–68). Fosfaatti kiinnittyy amylopektiinin glukoosiketjuun kovalenttisin sidoksin työntäen viereistä amylopektiiniä syrjemmäksi, jolloin vesimolekyylille pääsee tärkkelysjuväsen sisälle helpommin. Hyvä fotosynteesi tapahtuu, kun kasvi saa riittävästi auringonsäteilyn energiaa, jotta kasvi voi muodostaa ilmasta saatavaa hiilidioksidia glukoosiksi (sokeri) ja hapeksi (Jensen, 2021). Fotosynteesin periaate kuviossa 2.

### 2.3 Perunan ympäristövaikutukset

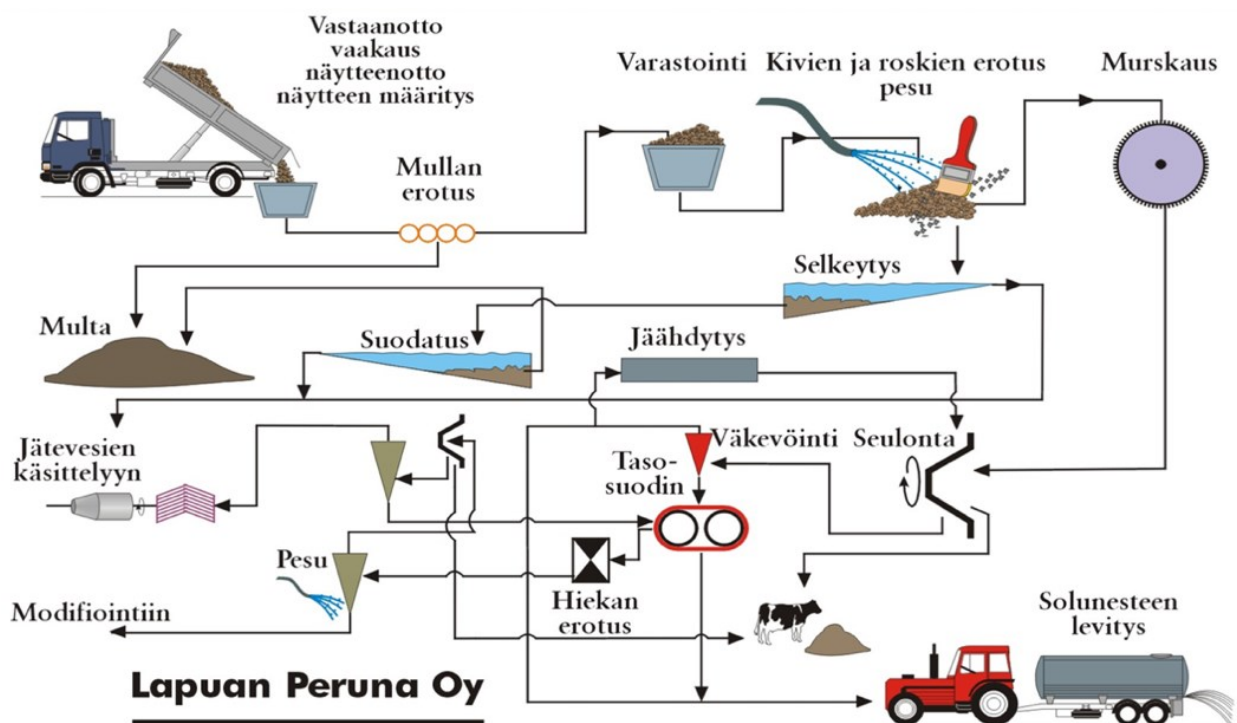
Perunan tuotannosta on tutkittu ilmastovaikutuksia kansainvälisesti jo useita vuosia (Pulkinen ym., 2012, s. 9). Tutkimuksia löytyy Suomen lisäksi muun muassa Ruotsista, Hollannista sekä Englannista. Elintarvikkeiden elinkaariarviointiin sisällytettävät kasvihuonekaasupäästöt, jotka otetaan yleensä huomioon ovat viljelyn panos alkutuotannossa, itse viljely, jalostus, tuotannossa jalostuksessa käytettävät panokset, esimerkiksi pakkaukset ja kemikaalit, lisäksi jakelu, kauppa, kuluttajan käyttö, pakkausjätteen ja hävikin kierrätys sekä kuljetukset vaiheiden välillä (mts. 9–10).

Perunan alkutuotannon elinkaariarvioinnissa tulee vastaan epävarmuustekijöitä, kuten torjunta-aineet (Pulkinen ym., 2012, s. 11). Niiden valmistuksen ilmastovaikutuksista on hyvin vähän tietoa, mutta voidaan olettaa niiden olevan hyvin mitättömät, sillä lopullinen määrä, mitä tuotettua perunakiloa kohden sitä käytetään, on hyvin vähäistä. Torjunta-aineiden levitys sen sijaan voi vaikuttaa lopulliseen tulokseen, vaikkakin se ei niin raskas ja polttoainetta kuluttava toimenpide olekaan, verrattuna esimerkiksi pellon kyntöön.

Alkutuotannon ollessa vaihtelevaa säätilojen, erikokoisten tilojen, eri toimintatapojen ja erilaisten laitteiden ja koneiden, sekä peltolohkojen koon että sijainnin vuoksi, käytetään usean eri tilan keskimääräistä ympäristövaikutuksen tulosta yleisenä tuloksena (Pulkinen ym., 2012, s. 12). Ympäristövaikutuksia laatiessa käytetään monesti eri metodologisia valintoja ja rajoituksia tutkimuskohtaisesti, minkä vuoksi tutkimusten tulokset voivat olla vertailukelvottomia vajaasti merkittyjen rajoitusten vuoksi. Tämä johtaa siihen, että tulokset vaihtelevat merkittävästi. Eri tutkijoiden tutkimustuloksia perunanviljelyn panoksista ja päästöistä on vertailtu keskenään (mts. 18). Tutkijat ovat kotoisin Suomesta, Ruotsista, Hollannista, Irlannista ja Iso-Britanniasta. Tulokset vaihtelevat 8–27 g CO<sub>2</sub> ekv/100 g suomalaisen tutkimuksen ollessa noin puolivälissä tuloksella 13 g CO<sub>2</sub> ekv/100 g. Vertailusta käy myös ilmi, että suomalaista perunaa on lannoitettu tyypellä kaikista vähiten, 17 kgN/ha, kun suurimmat luvut ovat 200 kgN/ha.

### 3 PERUNATÄRKKELYKSEN VALMISTUSPROSESSI

Perunatärkkelyksen valmistusprosessi (kuvio 3) alkaa perunoiden saapumisesta Lapuan tehtaalle maailoilta. Perunaerästä otetaan näyte, josta selvitetään perunoiden tärkkelyspi-toisuus ominaispainon punnituksella. Seuraavaksi koko erä punnitaan ja perunat kipataan kuiluun, jossa kuljettimilla niistä irtoaa enimmäkseen mullat ja kivet, ja ne siirtyvät tilanteen mukaan joko varastoon tai suoraan pesuun käsiteltäväksi.



Kuvio 3. Perunatärkkelyksen erotusprosessi (Lapuan Peruna/Finnamyl, 2023)

Perunat pestään kahteen kertaan, jossa ensimmäisessä pesussa perunoista saadaan irti loput mullat ja kivet. Pesuveteen lisätään vaahdonestoainetta, jotta pesuvesi ei lähtisi vaahtoamaan. Toisen pesun jälkeen puhtaat perunat murskataan rumpuraastimilla massaksi, jonka sekaan lisätään hapettumisenestoainetta, ettei massa tummenisi. Perunoiden raastaminen rikkoo soluseinämien rakenteen, jolloin tärkkelysjyvät vapautuvat.

Massasta erotetaan kuitu eli pulppa keskipakokartioseulojalinjastossa. Muodostuneesta tärkkelyslietteestä erotetaan vielä hydrosykloneilla tärkkelys ja soluneste, jossa liuenneena ovat muun muassa lipidit ja proteiinit. Seuraavaksi tärkkelys pumpataan tasosuotimelle, jossa siitä erotetaan jäljellä olevaa solunestettä vakuumilla nestettä läpäisevän viiran läpi. Tämän jälkeen solunesteen vaikutusta vähennetään tekemällä syrjäytysvesipesu tärkkelyskakun päälle.

Tasosuotimesta tullessaan jäljellä on tärkkelyskakku, jonka kuiva-ainepitoisuus on noin 60 %. Tärkkelys lietetään veteen ja johdetaan hiekanerotuksen kautta raffinoituvaiheeseen, jossa tapahtuu niin kutsuttu vastavirtapesu hydrosykloneilla. Raffinoituvaiheessa tärkkelyksestä erottuu hienojakoista kuitua ja tuhkaa. Tämän jälkeen tärkkelysliete kuivataan kuivurissa 80–81 %:ksi tärkkelykseksi, joka varastoidaan myöhempää kemiallista modifiointia varten. Tärkkelysliete voidaan kuitenkin modifioida myös ennen kuivausta.

### 3.1 Tuotantomäärät Lapuan tehtaalla 2022

Lapuan Peruna (sisäinen tietolähde, 13.4.2023) tilastoi vuonna 2022 viljeltyä peltoa yhteensä 2060 ha tärkkelysperunalle. Sopimusviljelijöitä oli 130 kpl, joiden keskimääräinen viljelyala oli 18,5 ha/viljelijä. Satoa saatiin noin 29 000 kg/ha, viljelijän kokonaissato oli keskimäärin 559 000 kg, josta tärkkelyspitoisuus oli noin 18 %. Saapuneista perunoista 90 % tuli alle 50 km säteeltä. Perunoita saapui tehtaalle yhteensä 52 359 000 kg (nettomäärä). Tehtaan käyntikausi ajoittui ajalle 8.6.-9.6.2022 ja 5.9.-22.10.2022, jolloin tuotantovuorokausia kertyi yhteensä 50, eli perunaa käsiteltiin noin 1,05 miljoonaa kiloa päivässä. Käyntikautena valmista kuivaa tärkkelystä valmistettiin yhteensä 9 412 000 kg.

Taulukko 1. Käyntikausi Lapualla vuonna 2022.

<b>Käyntikausi 2022 – Lapuan Peruna Oy</b>		
Tuotantopäiviä yhteensä	50	päivää
Perunoita saapunut tehtaalle yhteensä	52 359 000,00	kg
Käsitelty perunamäärä päivässä	1 047 180,00	kg
Tuotettu tärkkelys yhteensä	9 412 000,00	kg
Keskimääräinen tärkkelyspitoisuus, saanto	18,0	%

Prosessissa tarvittava vesi saadaan niin talousvedestä, kuin myös raakavedestä, jota tehtaalle tulee Kukkukankaalta parin kilometrin päästä, sekä Chemigatelta toisiovedestä, jota on käytetty reaktoreiden jäähdytyksessä, ja jonkin verran myös solunesteen haihturin lauhdevedestä (sisäinen tietolähde, 22.5.2023). Vettä kului käyntikauden aikana yhteensä 43 152 m<sup>3</sup>, josta 4 701 m<sup>3</sup> oli toisiovettä, 3 069 m<sup>3</sup> raakavettä ja loput 35 382 m<sup>3</sup> talousvettä. Käytetyn lauhdeveden määrää ei saada mitattua. Toisiovesi ja raakavesi käytetään perunoiden pesussa, talousvesi tärkkelyksen erotuksessa.

### 3.2 Prosessista syntyvät sivuvirrat

Tärkkelysperunasta noin 18 % on tärkkelystä, loput ovat kuituja, solunestettä ja muita ainesosia, joita voidaan myös hyödyntää jatkokäsittelynä erilaisiin käyttötarkoituksiin (sisäinen tietolähde, 13.4.2023). Kuituja perunasta saadaan noin 12 % ja solunestettä on noin 70 %.

Taulukko 2. Tärkkelysperunan eri materiaalivirrat Lapualla vuonna 2022.

Perunamäärä yhteensä, josta	52 359	t	<i>noin</i>	
tärkkelystä	9 412	t	18	%
kuituja	6 299	t	12	%
solunestettä	34 405	t	66	%
perunasta erotettua kuivamultaa	2 243	t	4	%

Perunasta erotettu kuituosa myydään kokonaisuudessaan Hankkijan toimesta rehuna nauttiloille (sisäinen tietolähde, 13.4.2023). Solunesteestä noin puolet väkevöidään tehtaalla solunestekonsentraatiksi, joka toimitetaan lannoitteeksi Soilfood Oy:lle. Loput solunesteestä toimitetaan sellaisenaan lannoitteeksi paikallisille viljelijöille. Tärkkinetin (i.a.) mukaan, soluneste sisältää runsaasti ravinteita, esimerkiksi kaliumia, joita peruna on kerännyt kasvukautensa aikana maasta, minkä vuoksi se sopii erittäin hyvin lannoitteeksi. Solunesteen väkevöinnissä haihtuu vettä noin 80 %, joka palautuu pesuvesikiertoon lauhteena. Väkevöinnistä siis jää noin 20 % orgaanista lannoitetta toimitettavaksi.

Perunasta irtoava kuivamulta luovutetaan uudelleen levitettäväksi pelloille (sisäinen tietolähde, 13.4.2023). Pesussa irtoava multa erotetaan vedestä, ja kasataan noin kolmeksi vuodeksi vanhennettavaksi varastoihin, jolla pyritään saavuttamaan tuotteen puhtaus mahdollisista kasvitaudeista. Ennen luovutusta mullasta tehdään tarvittavat analyysit. Vuonna 2022 luovutettavaksi annettu juuresmulta on vuonna 2019 pesusta erotettua multaa.

## 4 ELINKAARIARVIOINTI (LCA)

### 4.1 Elinkaariarvioinnin historia

Life Cycle Assessment (LCA), eli elinkaariarviointi on tekniikka, jolla voidaan arvioida tuotteiden tai palveluiden ympäristövaikutuksia (Suomen Standardoimisliitto (SFS), 2020, s. 7). Elinkaariarvioinnin historia yltää vuosiin 1960–1970, jolloin suoritettiin ensimmäisiä tutkimuksia tuotteiden energiatehokkuuksista, raaka-aineiden kulutuksesta sekä jollain tapaa myös jätteenkäsittelystä (Hoffman ym., 1998, s. 13). Ensimmäisiä tutkimuksia raaka-aineiden kulutuksesta ja ympäristöpäästöistä rahoitti Coca Cola Company heidän juomapakauksistaan vuonna 1969. Samoihin aikoihin Euroopassa kehitettiin saman tapaista lähestymistapaa inventaarioanalyysille, joka myöhemmin tunnettiin nimellä *Ecobalance*. Tuolloin energiankulutusta pidettiin suurempana prioriteettina kuin esimerkiksi jätetuotoksia, mutta myöhemmässä vaiheessa öljykriisin laannuttua energiaongelmien näkyvyys vähentyi. Vasta 1980-luvun lopulta 1990-luvun alkuun LCA:n kiinnostus kasvoi laajemmin teollisuuden, suunnittelulaitoksien ja jälleenmyyjien keskuudessa.

### 4.2 Elinkaariarvioinnin tarkoitus

Elinkaariarvioinnilla on tarkoituksena tunnistaa prosessin tai palvelun parannuskohteet, sekä arvioida miten jonkin osan muutos voisi vaikuttaa kokonaisuuteen (Antikainen, 2010, s. 15). Elinkaariarvioinnille on tällä hetkellä voimassa viisi standardia (mts. 16), joita ovat:

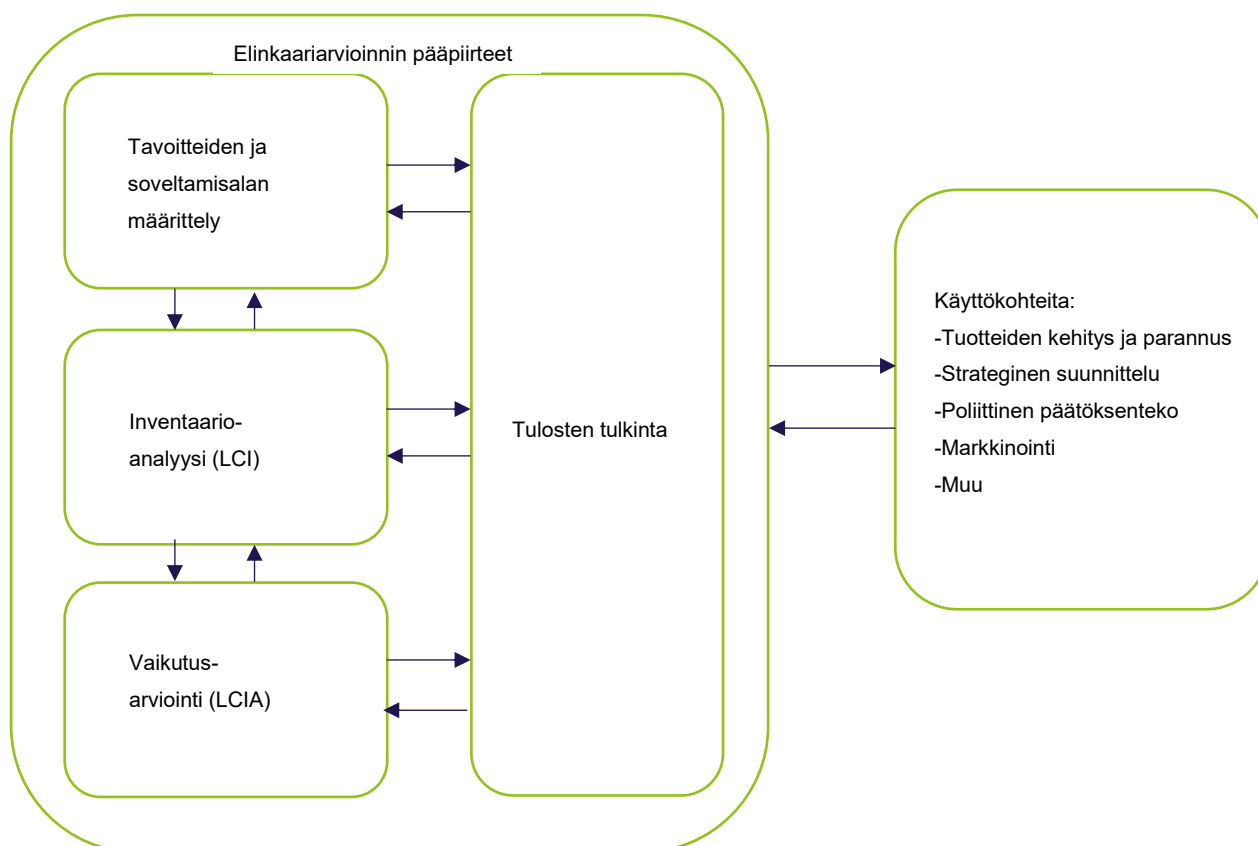
1. **ISO 14040:2006/A1:2020** Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet.
2. **ISO 14044:2006/A1:2018/A2:2020** Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Vaatimukset ja suuntaviivoja.
3. **ISO/TR 14047** Environmental management. Life cycle impact assessment.
4. **ISO/TS 14048:2002** Environmental management. Life cycle assessment. Data documentation format.
5. **ISO/TR 14049:2000** Environmental management. Life cycle assessment. Examples of application of ISO 14041 to goal and scope definition and inventory analysis.

ISO/TR 14047 ja ISO/TS 14049:2002 sisältävät teknisiä raportteja, jotka auttavat selvittämään ISO 14040:n ja ISO 14044:n tulkintaa esimerkkien avulla (Antikainen, 2010, s. 16). ISO/TR 14048 sisältää yleisiä kehyksiä ja vaatimuksia inventaariotietojen raportoimiseen.

ISO 14040:2006/A1:2020 standardissa annetaan neljälle elinkaariarvioinnin vaiheelle yleiset ohjeet, ja mitä niissä tulisi huomioida (SFS, 2020, s. 15). Nämä neljä vaihetta toimivat keskenään toistensa kanssa, yhden muuttuessa vaikuttaen toiseen vaiheeseen. Vaiheet ovat:

1. Tavoitteen ja soveltamisalan määrittely
2. Inventaarioanalyysi (LCI)
3. Vaikutusarviointi (LCIA)
4. Tulosten tulkinta

Kuviossa 4 esitetään vaiheet ja niiden väliset suhteet (SFS, 2020, s.15), sekä mahdollisia käyttökohteita (Antikainen, 2010, s. 17).



Kuvio 4. Elinkaariarvioinnin vaiheet ja niiden väliset suhteet.

Jotta elinkaariarviointi olisi käypä vertailuun, tulee siinä noudattaa ISO 14044 standardin vaatimuksia (SFS, 2020, s. 19).

### 4.3 Elinkaariarvioinnin menetelmät

Elinkaariarvioinnin ensimmäisessä vaiheessa päätetään muun muassa yksityiskohtaisuus sekä ajanjakso, jota tarkastellaan, mikä määrittää tutkimuksen laajuuden, rajaukset sekä raportoinnin vaatimukset (Antikainen, 2010, s. 17). Inventaarioanalyysissä (Life Cycle Inventory, LCI) kerätään tuotteen tai prosessin tarvittavat tiedot kokonaisuudessaan, sisältäen materiaali- ja energiavirrat, eli syötteen ja tuotokset (mts. 17). Tämä vaihe on LCA:n eniten aikaa vievä osa. Tietojen analysointiin ja laskelmointiin voidaan käyttää apuna erilaisia saatavilla olevia laskentaohjelmistoja, kuten saksalainen OpenLCA, joka on ilmainen, avoimen lähdekoodin ohjelmisto, sekä alankomaalainen SimaPro, joka on maksullinen, sisältäen kattavan tietokannan ja muutamia vaihtoehtoja laskentamenetelmän muotoon (SimaPro:sta enemmän aluvussa 5.1).

Laskennan jälkeen tarkastellaan tulosten ympäristövaikutusten merkittävyyttä vaikutusarvioinnilla (Life Cycle Inventory Analysis, LCIA). Tässä vaiheessa tulkitaan inventaarioanalyysin tuloksia muun muassa päätöksen tekoa, tulosten vertailua tai ympäristötoimien seuranta varten (Antikainen, 2010, s. 24). Vaikutusluokkia voidaan tarkastella kahdella tapaa: keskipisteen tai loppupisteen mukaan. Keskipisteen vaikutusluokkia ovat muun muassa ilmastonmuutos, hengitysvaikutukset, melu, onnettomuudet ja luonnonvarojen ehtyminen (mts. 25). Loppupisteessä tarkastellaan ainoastaan kolmea suojeltavaa kohdetta, joita ovat ihmisten terveys, luonnonympäristö ja luonnonvarat. Tutkimuksen läpinäkyvyyden vuoksi usein tarkastellaan sekä keski- että loppupistettä, sillä loppupisteen kohteet ovat yksistään ympäripyöreitä ja epäselviä allokointeja.

Viimeisessä vaiheessa tulkitaan tuloksia kahdesta edellisestä vaiheesta yhdessä (SFS, 2020, s. 24). Tulosten tulkintavaiheen tulisi myötäillä määrittelyvaiheessa rajattua tietoa, josta voidaan tehdä johtopäätöksiä ja esittää suosituksia tai muutosehdotuksia. Tulkinta tulee tehdä suhteellisella lähestymistavalla, jossa tulokset ovat potentiaalisia, eivätkä ne määritä todellisia vaikutuksia tai riskejä. Tulokset voidaan esittää johtopäätösten ja suositusten muodossa, joita on helppo ymmärtää (mts. 24). Tuloksista tehdään lisäksi raportti,

jonka laajuus on määritetty ensimmäisessä vaiheessa, lisäksi raportin muoto määräytyy kohdeyleisön mukaan.

Tuloksille voidaan suorittaa myös kriittinen arviointi, jossa todennetaan arvioinnin täyttäneen metodologian, tietojen, tulkinnan ja raportoinnin vaatimukset, sekä että se on johdonmukainen toimintaperiaatteiden kanssa (SFS, 2020, s. 25). Kriittisen arvioinnin tarve, syy ja tekijä tulee määrittää jo ensimmäisessä vaiheessa.

## 5 SIMAPRO:N KÄYTTÖÖNOTTO

### 5.1 SimaPro

SimaPro:n on kehittänyt PRé Sustainability, joka haluaa edesauttaa kestävä kehityksen mallintamista perustuen faktoihin (SimaPro, i.a.-a). SimaPro on elinkaariarviointiin käytettävä laskentaohjelmisto, jonka avulla voidaan seurata ja arvioida tuotteiden tai palvelujen ympäristövaikutuksia, ja siten auttaa kestävä kehityksen edistämiseksi yrityksissä. Se on suunniteltu läpinäkyväksi palveluksi, joka toimii tieteeseen perustuvaan tietoon, ja toimii näiden tietojen lähteenä. SimaPro:lla voidaan käyttää esimerkiksi ympäristöraportointiin, hiili- ja vesijalanjäljen laskemiseen sekä kestävä tuotantotavan löytämiseen.

SimaPro on ollut yksi johtavista LCA-ohjelmistoista jo yli 30 vuoden ajan, ja se on käytössä jo yli 80 maassa, joissa sitä käyttävät niin yritykset kuin oppilaitokset (SimaPro, i.a.-a). SimaPro tarjoaa lisenssejä eri kattavuuksilla jokaiseen tarpeeseen. Ohjelmistosarjaan sisältyy työpöytäsovellus, sekä pilvipohjaiset moduulit SimaPro Collect, SimaPro Share ja SimaPro Explore.

### 5.2 Näin pääset alkuun

SimaPro:n kehittäjä PRé Sustainability tarjoaa lisenssin ostaneille erilaisia tapoja päästä alkuun ohjelmiston käytössä (SimaPro, i.a.-a). Valittavana on ladattavia oppaita, webinaareja, sekä lyhyitä kursseja, joissa käydään läpi SimaPro:n lisäksi yleisesti vastuullisuutta.

YouTubesta löytyy hakusanalla "simapro" joitakin epävirallisia opastusvideoita englanniksi. Opinnäytetyön toteutuksen aikana löydettiin ilmainen nettikurssi, jossa opastetaan SimaPro:n käyttöä videoiden ja tehtävien avulla, joka koettiin parhaimmaksi vaihtoehdoksi itsenäisen SimaPro:n käytön opiskeluun (Miljögiraff, i.a.). Nettikurssin tarjoaa Miljögiraff, joka toimii Suomessa ja Ruotsissa virallisena SimaPro:n kumppanina. Kurssitarjonnasta löytyy myös muita kattavia, maksullisia kursseja.

Kun kurssija on suorittanut ja tutustunut sovelluksen toimintaan, voi alkaa valmistautumaan oman laskennan tekoon. Elinkaariarviointi aloitetaan tavoitteista ja soveltamisalan

määrittelystä, kuten alaluvussa 4.1 kerrottiin, ja edetään standardin mukaan. Inventaario-analyysivaiheessa suoritetaan laskenta, johon tulee kerätä tarvittavat tiedot tuotteen tai palvelun määritetystä tasealueesta. Tässä työssä tasealue määritettiin perunatärkkelyksen valmistukseen siten, että se alkaa perunoiden saapumisesta ja päättyy natiiviin perunatärkkelykseen, eli kun perunatärkkelys on erotettu ja kuivattu niin, että jäljellä on perunatärkkelystä, jonka kuiva-ainepitoisuus on 80–81 %. Prosessista lähtee sivuvirtoja, kuten soluneste ja kuitu, joiden ympäristövaikutuksia arvioidaan ainoastaan sanallisessa muodossa tämän työn lopussa. Sivuvirrat tulee kuitenkin huomioida tietoja syöttäessä SimaPro:hon. Perunatärkkelyksen elinkaariarviointiin tarvittavat tiedot löytyvät taulukosta 3 (sisäinen tietolähde, 2023).

Taulukko 3. Perunatärkkelysprosessin tulo- ja lähtövirrat vuonna 2022

<b>TULO</b>	<b>MÄÄRÄ</b>	<b>YKSIKKÖ</b>
Tärkkelysperuna	52 359 000	kg
Vesi	43 152	m <sup>3</sup>
Sähkö tärkkelyksen erotuksessa	2 000	MWh
Sähkö kuivurilla	941	MWh
Propani kuivurilla	282 360	kg
Vaahdonestoaine	15 300	kg
Natriumhypokloriitti (15 %)	12 000	kg
Natriumbisulfiitti	53 000	kg
Peretikkahappo	2 000	kg
<b>LÄHTÖ</b>		
Tärkkelys	9 412 000	kg
Kuitu (rehu)	6 299 000	kg
Soluneste	34 525 000	kg
Multa	2 243 000	kg

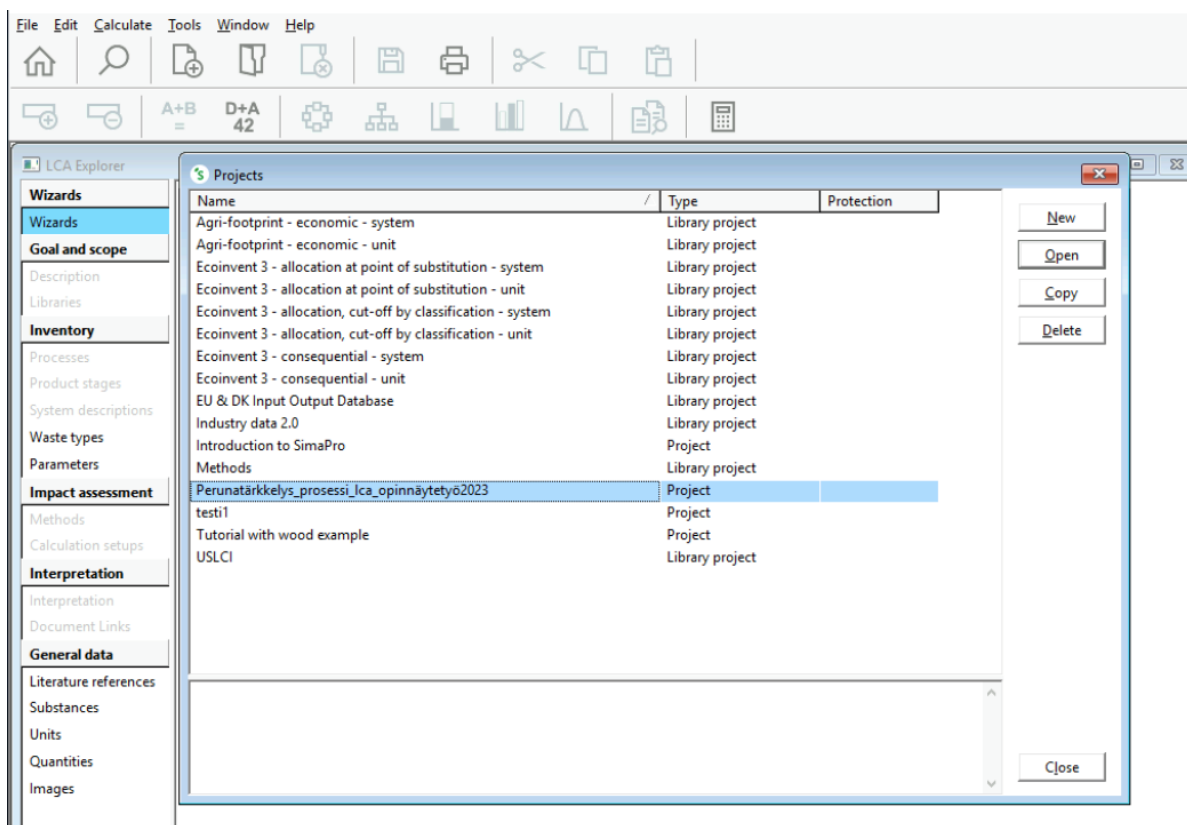
SimaPro:lla saadaan aikaan hyvinkin yksityiskohtainen laskelma, joka huomioi esimerkiksi kaikkien raaka-aineiden kulkeman matkan valmistuspaikasta Lapualle, mutta näin syväseen laskelmaan ei tässä työssä menty. Laskelman teossa on paljon muuttujia, kuten perunan tuotannon vaihtelevuus vuosittain, sekä tietokannoista valmiiksi löytyvien tietojen

täsmävyys todellisuuteen, minkä vuoksi laskelmasta saattaa tulla virheellinen. Opinnäytetyössä tehtyä laskelmaa ei ole tehty täydellisesti standardin mukaan, joten suoritettu laskelma on suuntaa antava ympäristövaikutusten arvioimiseen.

Alaluvut 5.3–5.5 suositellaan luettavan läpi ennen ohjeiden noudattamista käytännössä.

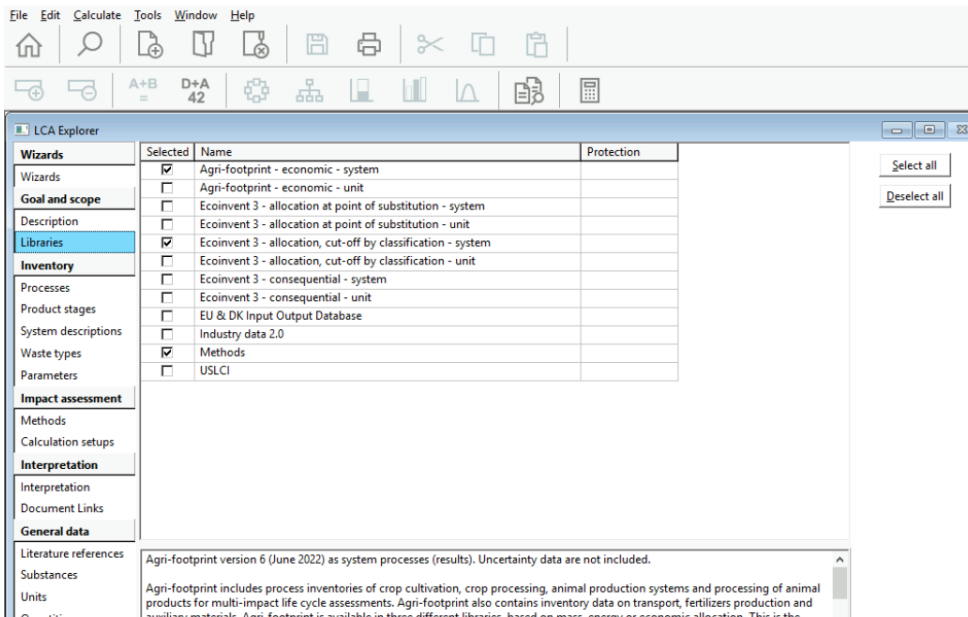
### 5.3 Prosessin luonti ja tietojen syöttö

SimaPro:n avatessa näytölle avautuu ensin ikkuna, josta valitaan projekti, jota halutaan muokata (kuvio 5). Jos projektilista ei näy, paina toimintoriviltä ruudun yläosasta kansioikuvaketta *Open project*. Projektilistalta löytyy kaksi valmista esimerkkilaskentaa ja sinne voidaan luoda uusi projekti painamalla ikkunan oikealta sivulta *New*. Nimeä projekti tuotetta tai palvelua kuvaavalla sanalla, esimerkiksi tähän työhön viitaten projekti nimettiin ”Perunatärkkelys\_prosessi\_lca\_opinnäytetyö2023”.

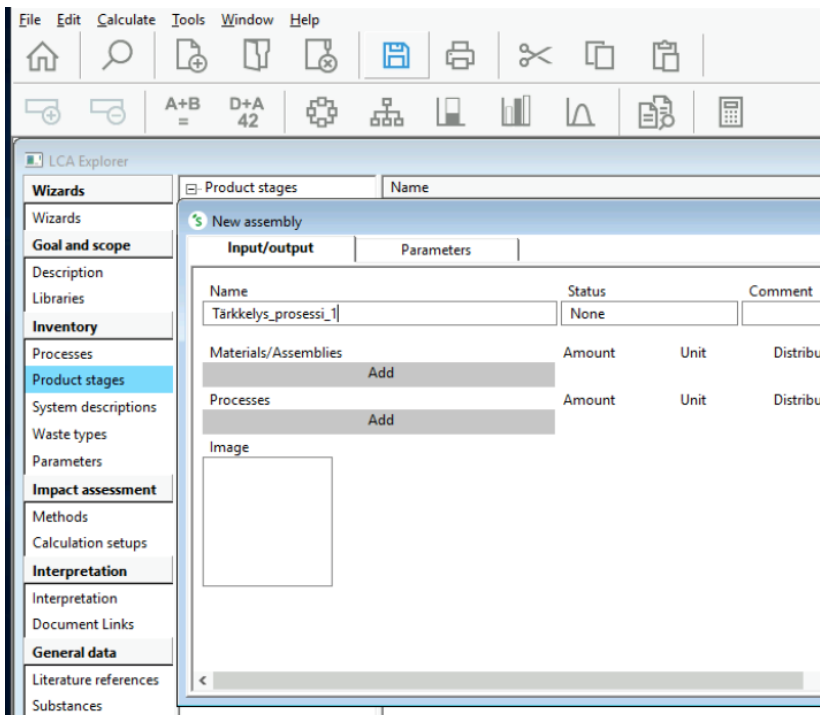


Kuvio 5. SimaPro, uuden projektin luonti.

Seuraavaksi valitaan tietokannat *Libraries* -osiosta, joita halutaan käyttää (kuvio 6). Perunatärkkelyksen tapauksessa valitaan *Agri-footprint – economic – system*, *Ecoinvent 3 – allocation, cut-off by classification – system*, sekä *Methods*, ja painetaan ruudun yläosassa olevalta toimintoriviltä tallenna-kuvaketta. Tietokantojen kuvaukset voi lukea listauksen alta. Ohjeita ja lisätietoja eri tietokannoille löytyy ruudun yläosasta valikkoriviltä kohdasta *Help → Data manuals → Database manual*.

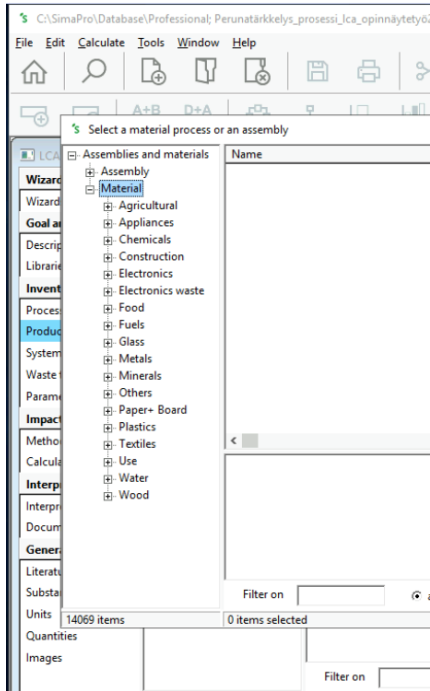


Kuvio 6. SimaPro, tietokantojen valinta.



Navigoi *Product stages* -osioon, ja klikkaa sieltä auki *Assembly* → *Others*. Luo uusi kokoonpano (assembly) oikeasta reunasta painamalla *New*. Avautuu uusi ikkuna, mihin nimetään tuote/palvelu, tässä tapauksessa "Tärkkelys\_prosessi\_1" (kuvio 7), ja paina tämän jälkeen toimintoriviltä tallenna. Älä kuitenkaan vielä sulje tätä ikkuna.

Kuvio 7. SimaPro, kokoonpanon luonti.

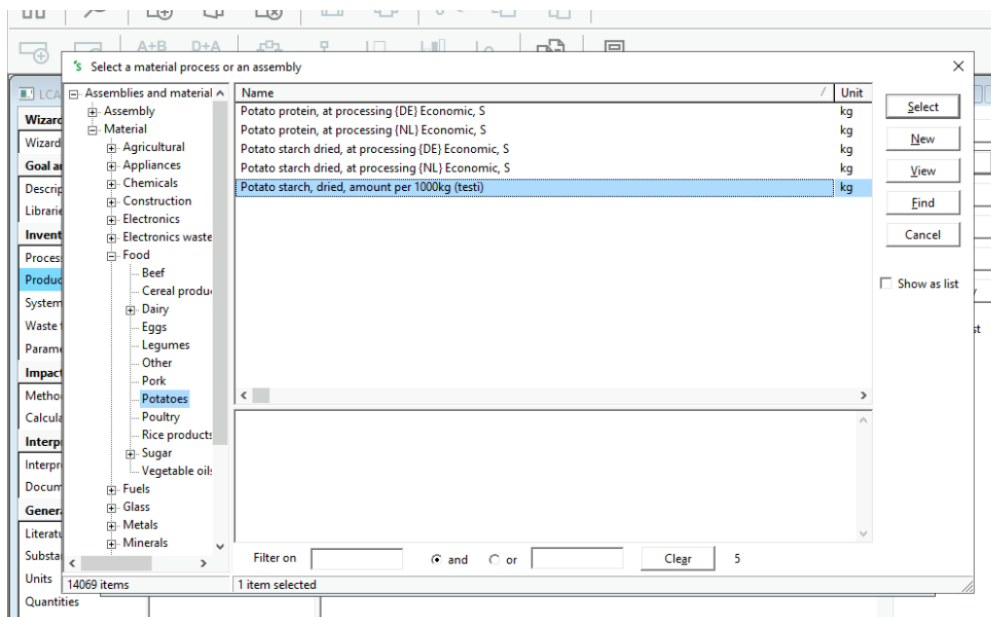


Kuvio 8. SimaPro, materiaali-  
valikko.

Lisätään osakokoonpanot juuri luodulle kokoonpanolle. Tuplaklikkaamalla *Add* kohdasta *Materials/Assemblies*, saadaan auki uusi rivi ja uusi ikkuna (kuvio 8). Tässä ikkunnassa valitaan tai luodaan uusi osa kokoonpanolle. Ikkunan vasemmasta reunasta löytyy *Material*, josta voi selata tietokannoista löytyviä, valmiita materiaaleja ja raaka-aineita.

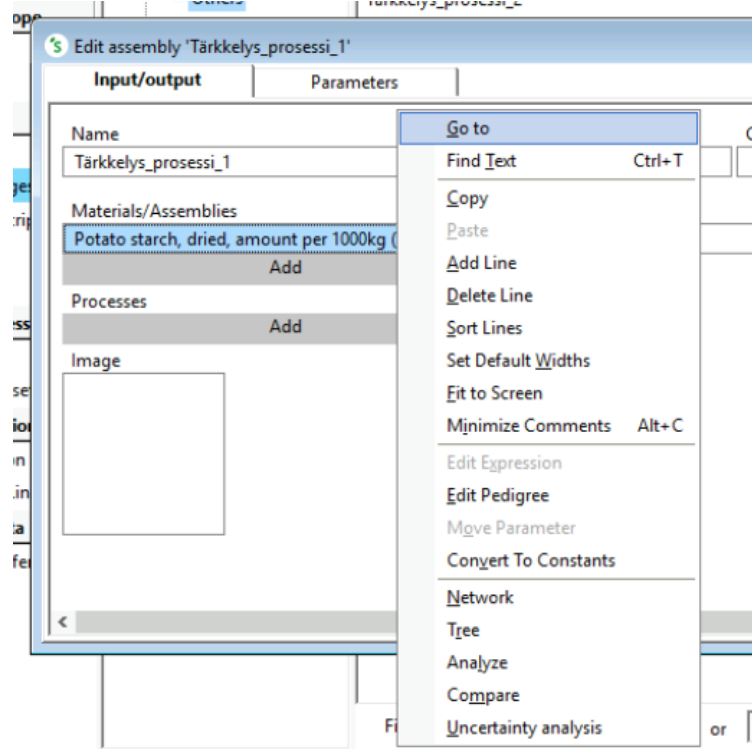
Kokoonpanon ja osakokoonpanon käsitteiden ymmärtäminenä voidaan käyttää esimerkkinä tuolia, jossa itse tuoli on kokoonpano, joka koostuu osakokoonpanoista, joita ovat runko, istuin ja noja. Tätä logiikkaa on hankala soveltaa tärkkelyksen tapauksessa, sillä tärkkelys on osa perunaa, eikä toisinpäin.

Tätä kohtaa pohdittiin pitkään, ja tultiin siihen tulokseen, että järkevimmin tärkkelyksen saa mallinnettua SimaPro:hon niin, että luodaan ainoastaan yksi osakokoonpano. Koska halutaan luoda täysin uusi osakokoonpano, navigoidaan siihen sopivan otsikon alle, tässä tapauksessa *food -> potatoes* ja painetaan *New*, ja nimetään se "Potato starch, dried, amount per 1000 kg (testi)" (kuvio 9). Painetaan lopuksi *Select*, jotta se tulee valituksi kokoonpanoon, sekä painetaan tallenna.

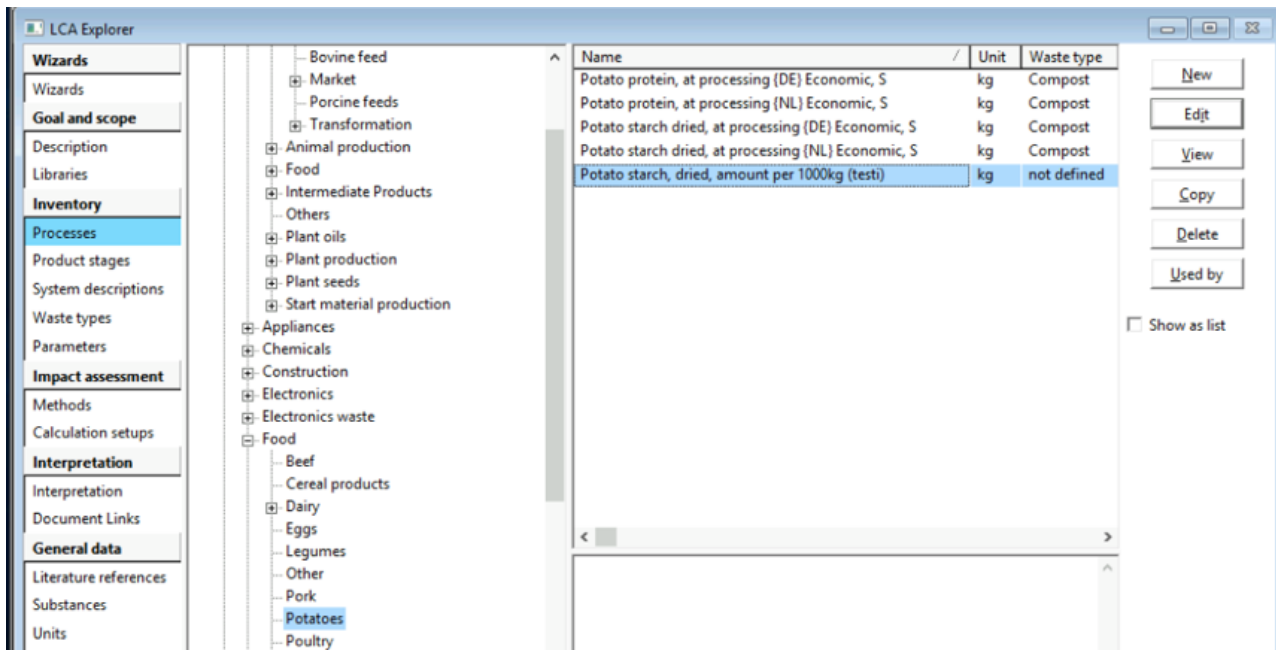


Kuvio 9. SimaPro, uuden kokoonpanon luonti.

Seuraavaksi lisätään juuri luodulle osakokoonpanolle tarvittavat tulot ja lähdöt, jotka löytyvät taulukosta 3. Jotta luodun osakokoonpanon käyttö olisi helpompaa myöhemmin ympäristövaikutuksia laskettaessa, merkitään tulot ja lähdöt sen mukaan, mitä niitä olisi käytetty ja tulut per 1000 kg kuivattua perunatärkkelystä. Osakokoonpanolle pääsee lisäämään tulot ja lähdöt siten, että klikataan hiiren oikealla painikkeella osakokoonpanoa, ja valitaan *Go to* (kuvio 10), jolloin ruutu avautuu oikeaan valikkoon, josta osakokoonpano löytyy (kuvio 11). Varmista, että osakokoonpano on valittuna ja paina oikeasta reunasta *Edit*.



Kuvio 10. SimaPro, navigointi osakokoonpanon tietoihin.



Kuvio 11. SimaPro, osakokoonpanon sijainti.

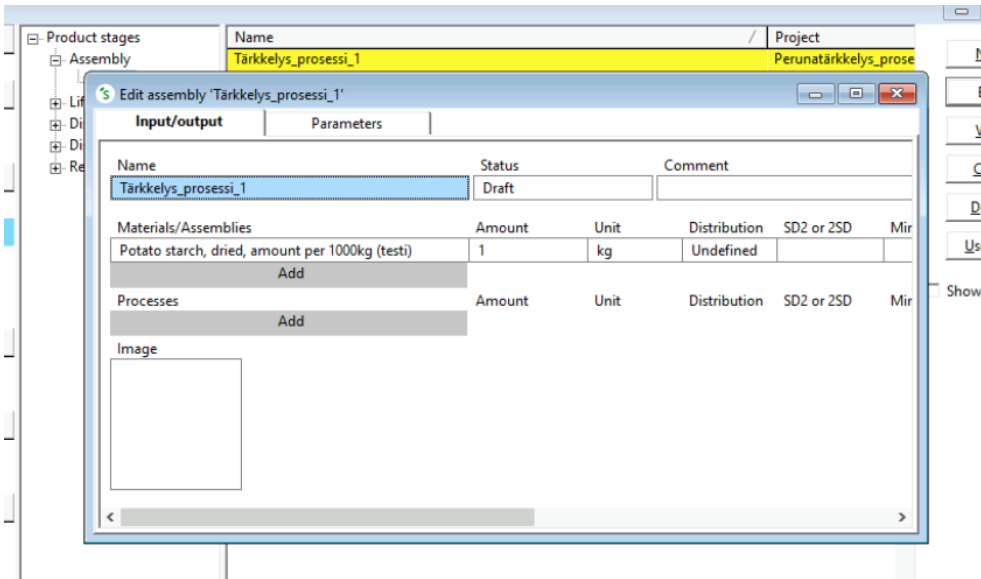
Avautuneeseen ikkunaan lisätään tulot ja lähdöt sopiville paikoille *input/output* -välilehdelle (kuvio 12). Esimerkiksi vesi on peräisin luonnosta, jolloin se merkitään kohtaan *Inputs from nature*, ja sähkö merkitään kohtaan *Inputs from technosphere: electricity/heat*. Perunatärkkelyksen sivuvirrat – kuitu, soluneste ja multa – merkittiin ”jätteenksi” (*Final waste flows*), sillä niiden ympäristövaikutuksia ei tässä työssä tarkastella. Merkitseminen kuitenkin antaa jotain lukuja tulokseen, mikä voi jonkin verran siihen vaikuttaa. Nämä tulee joka tapauksessa merkitä, sillä sivuvirtojen määrä tulee vähentää kokonaismäärästä. Lisäksi puhdistamolle mennyt vesi merkittiin kohtaan *Emissions to water*.

Muista laskea määrät per 1000 kg, ja painaa jokaisen lisäyksen jälkeen tallenna!

Products						
Outputs to technosphere: Products and co-products	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Waste type	Ca
Potato starch, dried, amount per 1000kg (testi)	1000	kg	Mass	100 %	not defined	Fo
Add						
Outputs to technosphere: Avoided products	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	
Add						
Inputs						
Inputs from nature	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min
Water, unspecified natural origin, FI		5817	m3	Undefined		
Add						
Inputs from technosphere: materials/fuels	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min
Potato (RoW) production   Cut-off, S		5563	kg	Undefined		
Sodium hypochlorite, without water, in 15% solution state (RoW) market for sodium hypoch		0,0013	kg	Undefined		
Sodium hydrogen sulfite (GLO) market for   Cut-off, S		0,006	kg	Undefined		
Acetic acid, without water, in 98% solution state (GLO) market for   Cut-off, S		0,0002	kg	Undefined		
Non-ionic surfactant (GLO) market for non-ionic surfactant   Cut-off, S		0,002	kg	Undefined		
Propane (GLO) market for   Cut-off, S		30	kg	Undefined		
Add						
Inputs from technosphere: electricity/heat	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min
Electricity, high voltage (FI) market for   Cut-off, S		0,27	MWh	Undefined		
Add						
Outputs						
Emissions to air	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min
Add						
Emissions to water	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min
Water, FI		5402,5	m3	Undefined		
Add						
Emissions to soil	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min
Add						
Final waste flows	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min
Waste, organic		669,3	kg	Undefined		
Waste, solid		238,3	kg	Undefined		
Waste, organic		3668,2	kg	Undefined		
Add						
Non material emissions	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min
Add						
Social issues	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min
Add						
Economic issues	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min
Add						
Outputs to technosphere: Waste and emissions to treatment	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min
Add						

Kuvio 12. SimaPro, osakokoonpanon tulot ja lähdöt.

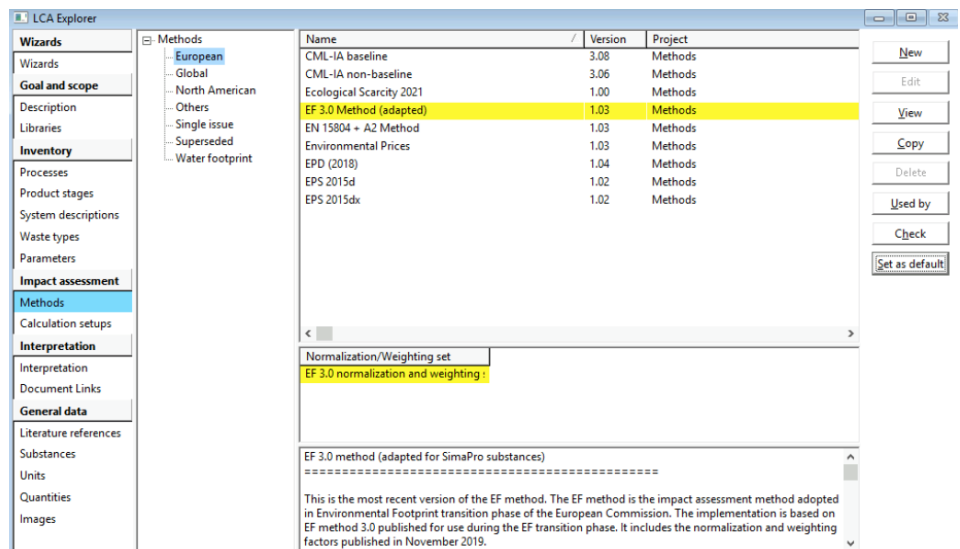
Kun lisäykset on tehty, etsi *Product stages* -osiosta kokoonpano ”Tärkkelys\_prosessi\_1”, ja paina *Edit*. Avautuvassa ikkunassa (kuvio 13) näkyy luotu osakokoonpano, jolle lisätään haluttu yksikkö (*unit*) sekä määrä (*amount*), merkitään yksiköksi kg ja määräksi 1.



Kuvio 13. SimaPro, määrän ja yksikön lisäys osakokoonpanolle.

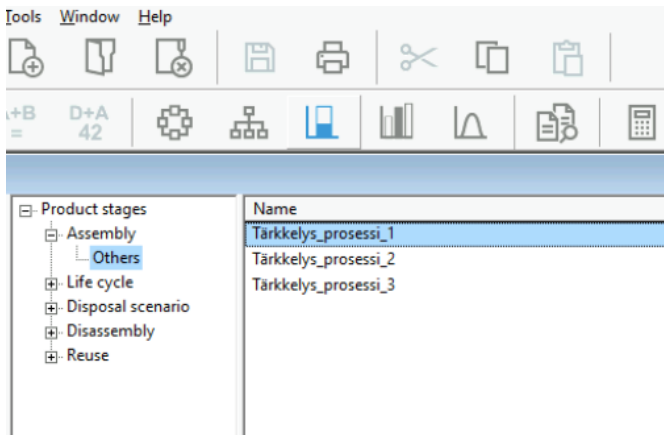
Lopuksi valitaan projektille menetelmä. Navigoi vasemmasta valikkorivistä kohtaan *Methods*. Suomen ympäristökeskuksen (Suikkanen & Nissinen, 2020, s. 10) raportissa kerrotaan, että Euroopan komissio suosittelee elinkaarilaskentamenetelmänä käytettäväksi

PEF-menetelmää (*Product Environmental Footprint*, PEF). Menetelmä löytyy SimaPro:sta *Methods*-osiossa *European*-valikon alta, nimellä *EF 3.0 method (adapted)* (kuvio 14). Valitse menetelmä ja paina oikeasta reunasta *Set as default*.



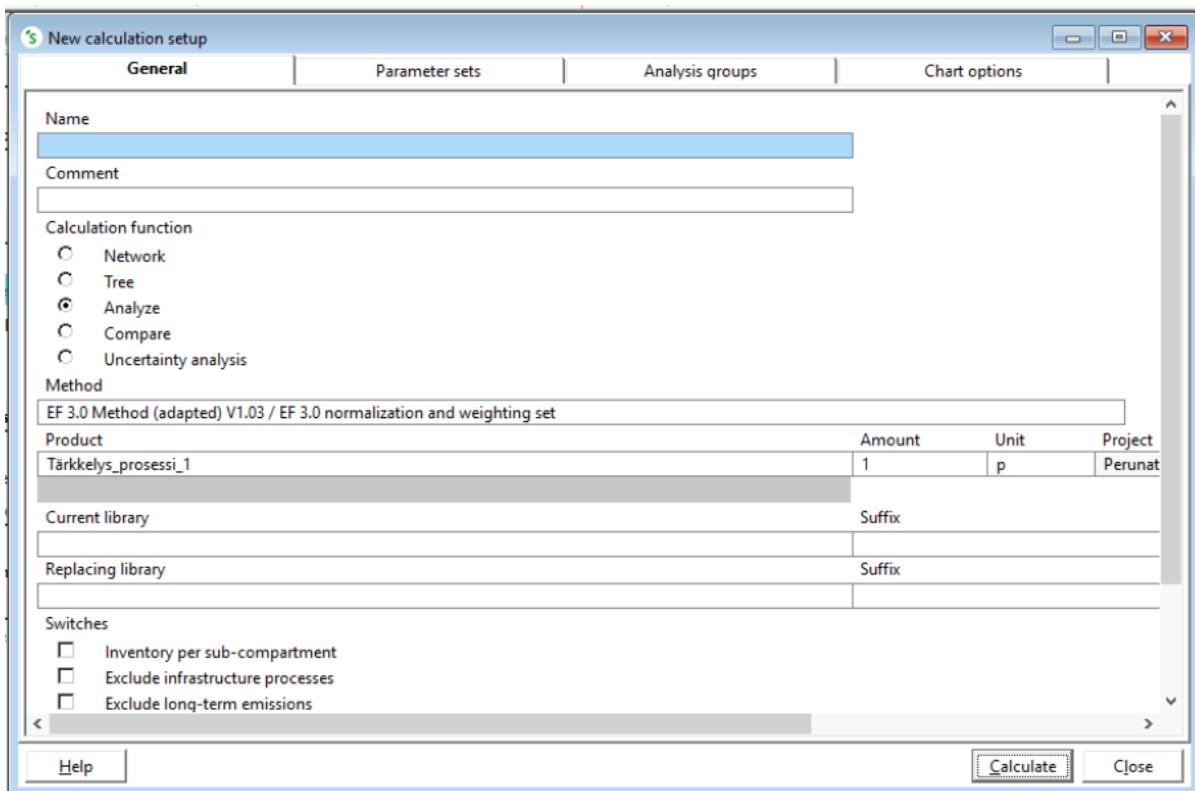
Kuvio 14. SimaPro, menetelmän asetus oletukseksi.

## 5.4 Laskenta ja tulosten vienti tiedostoksi



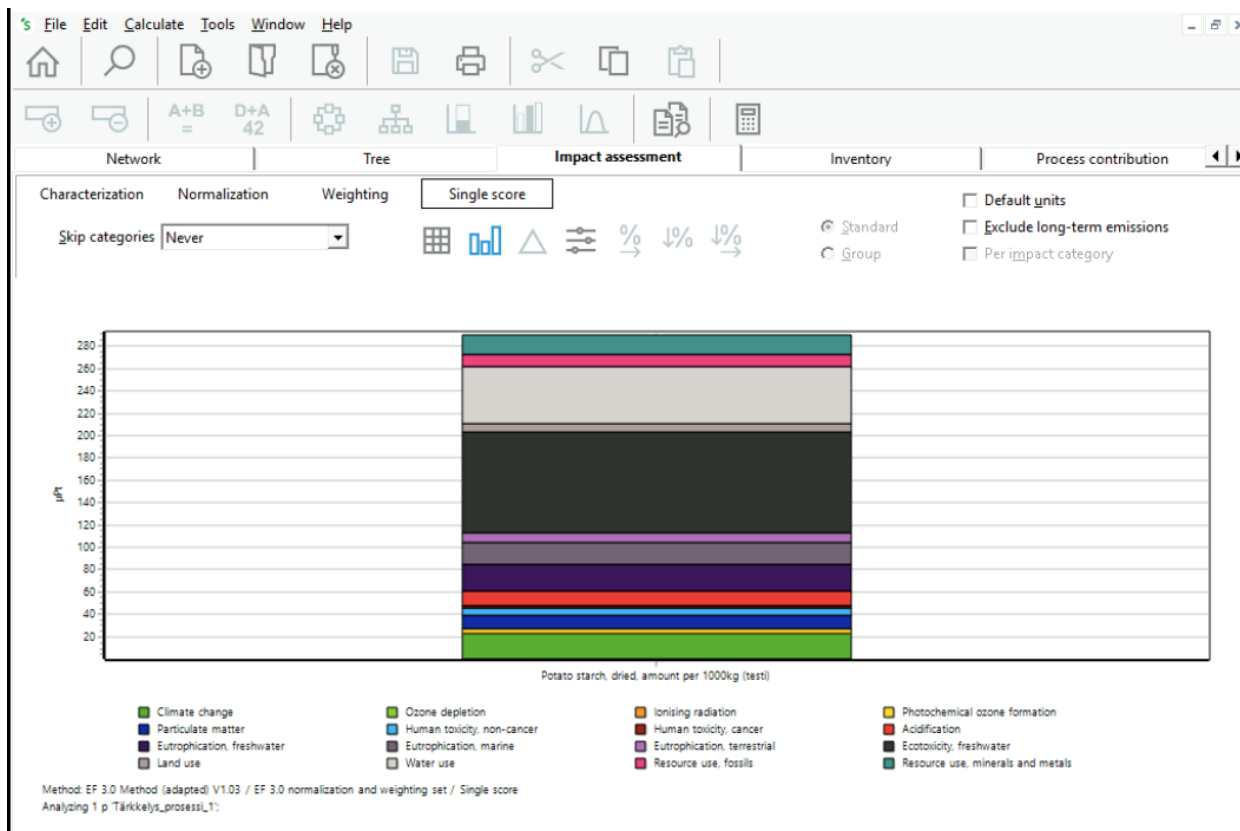
Kun prosessin tietojen vienti SimaPro:hon on valmis, voidaan alkaa niitä tarkastelemaan. Valitse ensimmäisenä luotu kokoonpano (*assembly*) Tärkkelys\_prosessi\_1, ja paina ruudun yläosan toimintoriviltä *Analyze*-kuvaketta, joka näkyy sinisenä korostettuna kuviossa 15.

Kuvio 16. SimaPro, analyysikuvake korostettuna. Avautuvaan ikkunaan voidaan kirjata analyysille nimi, sekä muut valinnaiset tiedot (kuvio 16). Varmista, että *Methods*-kohdassa on aikaisemmin oletukseksi asetettu menetelmä EF 3.0. Muita tarvittavia tietoja ovat prosessin nimi ja määrä, jotka pitäisi olla oletuksena valmiiksi niille tarkoitetuissa paikoissa. Tässä kohtaa ei muita tietoja tarvitse syöttää, sillä tarkastelemme kevyttä versiota LCA:sta. Kun olet valmis, paina oikeasta alkulmasta *Calculate*. Kun laskelman tallentaa, sen löytää myöhemmin *Impact assessment*-osiosta kohdasta *Calculation setups*.



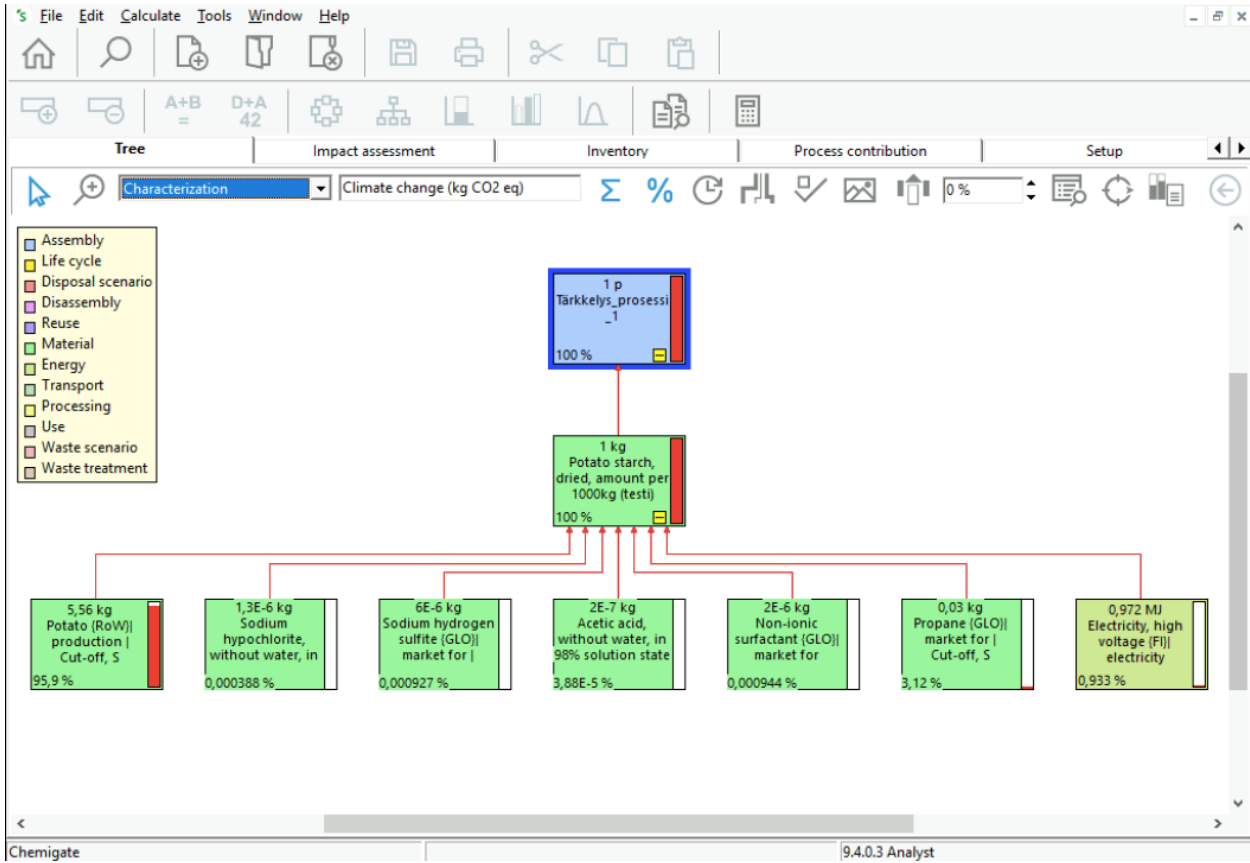
Kuvio 15. SimaPro, laskelman valmistelu.

Ikkunaan avautuu värikäs palkkikuvio (kuvio 17). Kuvion tulkinnasta kerrotaan lisää opin-  
näytetyön kohdassa 5.5. Kuvio voidaan viedä PDF-tiedostoksi painamalla toimintoriviltä  
*Print* (tulostimen kuva).

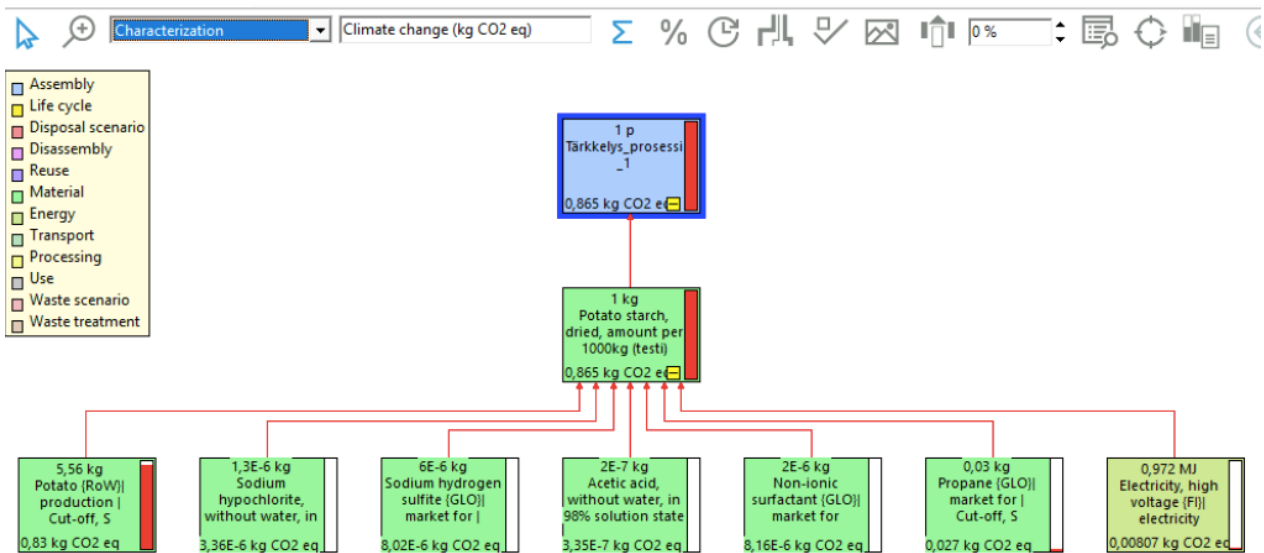


Kuvio 17. SimaPro, single score -kuvio.

Navigoi seuraavaksi toimintorivin alapuolelta välilehdelle *Network*, joka voidaan nähdä ku-  
viosta 17. Jos painike ei ole näkyvässä, oikeasta reunasta löytyy nuolinäppäimet painikeri-  
vin sivuttaiseen siirtämiseen. *Network*-välilehdellä nähdään koko prosessin tulovirrat ja nii-  
den määrät joko prosentteina, tai yksikössä kg CO<sub>2</sub> eq (kuviot 18 ja 19). Huomaa, että pu-  
dotusvalikoista tulee valita *Characterization* ja oikea yksikkö. Tämäkin kuvio voidaan viedä  
PDF-tiedostoksi painamalla toimintoriviltä *Print*.

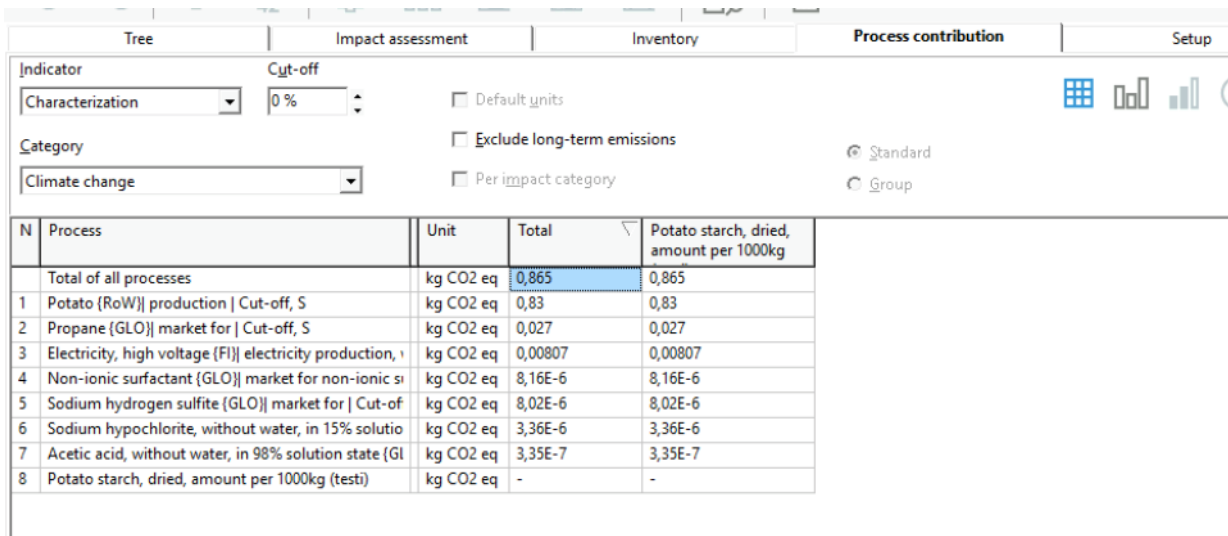


Kuvio 19. SimaPro, prosessin tulovirrat prosentteina.



Kuvio 18. SimaPro, prosessin tulovirrat yksikössä kg CO2 eq.

Lopuksi tarkastellaan tuloksia taulukkona. Avaa välilehti *Process contribution* (kuvio 20), ja vaihda *Indicator*-kohdan tiputusvalikosta *Characterization*, jolloin taulukko saadaan yksikköön kg CO2 eq. Saat jaoteltua tulokset suurimmasta pienimpään tai toisinpäin, kun painat tarpeellisen määrän taulukon kohtaa *Total*. Kuten tehdystä laskelmasta käy ilmi, tulokset voivat olla muodossa 8,16-E6, mikä on ”lyhenne” muodosta  $8,16 \cdot 10^{-6}$ , eli tulos on tällöin 0,00000816 kg CO2 eq. Mikäli tulos olisi muodossa 8,16E6, tarkoittaisi se positiivista potentiaalia, eli  $8,16 \cdot 10^6$ , jolloin tulos olisi 8 160 000 kg CO2 eq.

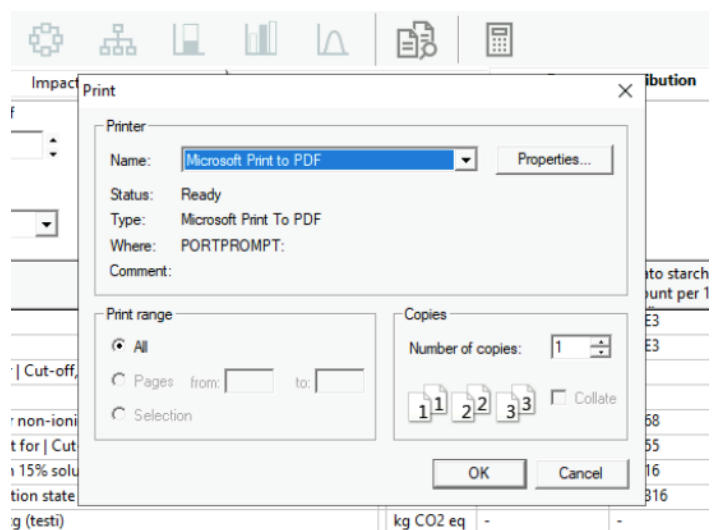


N	Process	Unit	Total	Potato starch, dried, amount per 1000kg
	Total of all processes	kg CO2 eq	0,865	0,865
1	Potato (RoW) production   Cut-off, S	kg CO2 eq	0,83	0,83
2	Propane (GLO) market for   Cut-off, S	kg CO2 eq	0,027	0,027
3	Electricity, high voltage (FI) electricity production, v	kg CO2 eq	0,00807	0,00807
4	Non-ionic surfactant (GLO) market for non-ionic si	kg CO2 eq	8,16E-6	8,16E-6
5	Sodium hydrogen sulfite (GLO) market for   Cut-of	kg CO2 eq	8,02E-6	8,02E-6
6	Sodium hypochlorite, without water, in 15% solutio	kg CO2 eq	3,36E-6	3,36E-6
7	Acetic acid, without water, in 98% solution state (GI	kg CO2 eq	3,35E-7	3,35E-7
8	Potato starch, dried, amount per 1000kg (testi)	kg CO2 eq	-	-

Kuvio 20. SimaPro, tulokset taulukossa.

Taulukon saa vietyä myös PDF-tiedostoksi painamalla toimintoriviltä *Print*. Suosittelemme kuitenkin tekemään tarvittavat muutokset taulukkoon ennen sen viemistä tiedostoksi, esimerkiksi järjestämällä tulokset haluttuun järjestykseen, ja suurentamalla tai pienentämällä rivejä, jotta kaikista näkyy tarvittavat tekstit. Kun olet viemässä taulukkoa tiedostoksi, suosittelemme myös vaihtamaan tulostuksen vaakatasoon. Se onnistuu *Print*-painikkeesta avautuvassa ikkunassa kohdasta *Properties* (kuvio 21).

Jos haluat vertailla kahta eri prosessia, valitse yhden kokoonpanon sijaan kaksi, ja toimi muuten samalla tavalla kuin edellä on mainittu. Kokoonpanon valinnasta kerrottiin osion 5.4 alussa, sekä kuviossa 15.



Kuvio 21. SimaPro, taulukon vienti tiedostoksi.

## 5.5 Tulosten tulkinta

Kuviopalkki kuviossa 17 (*Single score*) osoittaa kokonaisympäristökuormituksen eri vaikutusalueille, esimerkiksi vedenkäytön, maankäytön (peltoala, tm.) ja toksisuuden ihmiselle (Astuti, ym. 2021, s. 7). Yksikkönä on Pt (isommissa luvuissa kPt, pienemmissä  $\mu$ Pt), joka osoittaa vaikutuksen suuruuden. Pt-yksikkö kuitenkin määritellään dimensittömäksi arvoksi. 1 Pt tarkoittaa tuhannesosaa Euroopan keskimääräisen väestömäärän ympäristökuormitusta vuodessa. Tässä tuloksessa on yhdistettynä vaurioiden arviointi (*damage assessment*), normalisointi (*normalization*), painotus (*weighting*) sekä kuvaus (*characterization*) (SimaPro, i.a.-b). Tätä arviointitapaa ei kuitenkaan käytetä PEF-menetelmän mukaisessa laskennassa.

Taulukossa olevat tulokset oikeilla valinnoilla (kuvio 20 ja siihen liittyvä ohjeistus) kuvaavat ilmastonmuutokseen vaikuttavia tekijöitä, eli päästöjä (OpenCO2, i.a.). Yksikkö kg CO2 eq (suomen kielessä kg CO2 ekv) tarkoittaa hiilidioksidiekvivalenttia, joka kuvaa useamman kasvihuonekaasupäästön yhteenlaskettua summaa, joka vaikuttaa ilmaston lämpenemiseen. Tulos 0,865 kg CO2 eq tarkoittaa siis sitä, että kokonaiskuormitus on yhteensä 865 g per 1 kg valmista tärkkelystä, josta kuivurin osuus on noin 50 g/kg. Tulos on kuitenkin huomattavasti suurempi, kuin mitä Luke on laskenut vuonna 2019 (n. 460 g/kg), joten voidaan todeta suoritettu laskelma suuntaa antavaksi.

SimaPro:sta saadaan muitakin tietoja ja tuloksia esille, mutta nämä kaksi mainittua tulosta ovat hyödyllisimmät, jälkimmäisen ollessa Euroopan komission suosittama PEF-menetelmässä. Erilaisiin raportteihin, esimerkiksi ympäristöraportit, voidaan vaatia tarkempiakin tietoja, kuten päiväkohtaisia tai prosessin eri vaiheiden lukemia.

Tulokseen olisi vaikuttanut perunan alkutuotannon jakaminen eri sivuvirroille, mitä tässä työssä ei tehty, sillä sen merkitseminen jäi epäselväksi. Jako olisi voitu tehdä massa- tai arvoperusteisesti. Tässä tapauksessa jako voisi olla järkevin tehdä kuiva-ainepitoisuuden perusteella, jolloin vältytään siltä, että solunesteelle tulisi huomattava määrä alkutuotannon päästöistä, jos käytössä olisi massaperusteinen jako. Tämä voidaan laskea manuaalisesti käsin.

Taulukko 4. Perunasta saatavien jakeiden kuiva-ainepitoisuudet sekä niiden prosentuaaliset määrät.

Jae	Kokonaismäärä (märkä massa), kg	Kuiva-ainepitoisuus, %	Kuiva-aineen määrä (kuiva massa), kg	Jako, %
tärkkelys	23 530 000	40 %	9 412 000	75,7 %
soluneste	34 525 000	6 %	2 071 500	16,7 %
kuitu	6 299 000	15,1 %	951 149	7,6 %
<i>yhteensä</i>	<i>64 354 000</i>		<i>12 434 649</i>	<i>100 %</i>

Tulos olisi pienentynyt noin 23 %, kun tärkkelyksen kuiva-ainepitoisuus ennen kuivausta on noin 40 % ja sen prosentuaalinen osuus perunajakeiden kuiva-aineista laskettuna noin 75,7 %. Laskutoimitusta varten lukemat löytyvät taulukosta 4 sekä kuviosta 20 sivulta 32. Alkutuotannon päästöt jaetaan kuiva-aineen perusteella (tärkkelys 75,7 %, eli 24,3 % lasketaan pois), lasketaan  $0,83 \text{ kg} * 0,243 = 0,202 \text{ kg}$ , mikä vähennetään kokonaispäästöistä,  $0,865 \text{ kg} - 0,202 \text{ kg} = 0,663 \text{ kg}$ , eli uusi tulos kokonaispäästöille on 663 g CO<sub>2</sub> ekv/kg. Tämän huomioiden pääsemme huomattavasti lähemmäs Luken laskelman tulosta.

## 6 POHDINTAA SIVUJAKEISTA

Perunatärkkelyksen erotusprosessissa syntyviä sivujakeita voidaan käyttää hyödyksi, kuten alaluvussa 3.2 kerrottiin. Tehokkaalla sivujakeiden hyötykäytöllä on Chemigatella ja Lapuan Perunalla saatu vähennettyä syntyvien sivuvirtojen ja jätteiden määrää, sekä vähennettyä myös ympäristöpäästöjä, esimerkiksi käyttämällä lauhdevettä pesuissa, sekä solunestettä lannoitteena. Pohdin tässä osiossa näiden sivujakeiden ympäristövaikutuksia lyhyesti.

Perunamurskasta ensimmäisenä erotettu kuitu myydään Hankkijan toimesta nautatiloille. Tämä on erittäin hyvää hyötykäyttöä muutoin biojätteeksi menevälle perunan osalle, sillä perunarehusta naudat saavat tarvitsemiaan ravinteita ja kivennäisaineita. Kuidun käyttöön hahmoteltiin kaksi mahdollista kohdetta, joita ovat hyödyntäminen biojätteenä esimerkiksi biopolttolaitoksella, sekä nykyisin käytössä oleva logistinen jakelu nautojen ravintona. Pohdittiin tässä tapauksessa sitä, että kumpi tapa kuormittaa ympäristöä enemmän.

Nautarehuna perunan kuidusta voidaan saada hieman enemmän katetta myynnillä. Lisäksi kuidun polttaminen tuntuisi jokseenkin väärältä sen sisältämien ravinteiden vuoksi. Ympäristövaikutuksia nautarehulle saattaa kuitenkin syntyä enemmän kuljetusten kautta, mutta tämän toteamiseen tulisi tehdä vertailuja eri toimintamalleille LCA-laskennalla. Lapuan Perunan tapa käsitellä tätä sivujaetta on eettinen, sillä eläinten rehuna se tulee varmasti eniten hyödyksi kokonaisuudessaan.

Solunesteestä noin puolet konsentroidaan, eli siitä haihdutetaan vettä pois. Syntynyt väkevoitetty nestemäinen tuote myydään lannoitteena. Haihdutuksessa erotettu vesi kierrätetään perunoiden pesuvedeksi, jolloin talousveden tarve pienenee, mikä alentaa tärkkelysprosessin ympäristövaikutuksia sekä kustannuksia. Loput solunesteet toimitetaan sellaisenaan paikallisille viljelijöille lannoitteeksi. Soluneste sisältää runsaasti ravinteita, joten sen käyttäminen pienentää muiden, mahdollisesti kalliimpien lannoitteiden tarvetta, mikä vaikuttaa suoraan viljelykustannuksiin, ja täten perunanviljelyn kannattavuuteen.

Solunesteen kohdalla on Lapuan Perunalla myös hyvin ajateltu asiaa, sillä solunesteen biologinen puhdistaminen ja vesistöön päästö olisi ravinteiden hukkaan heittämistä. Lisäksi solunesteen päästö vesistöön on toiminnan ympäristöluvan vastaista (sisäinen tietolähde,

25.5.2023). Lannoitteena ravinteet pääsevät takaisin kasvukiertoon mukaan, mikä on kiertotaloutta parhaimmillaan. Lisäksi, kun haihdutus tapahtuu tärkkelystehtaan tontilla, ei sen siirtämisestä erotuksesta haihduttamoon synny logistisia kustannuksia ja päästöjä.

Haihdutukseen tarvitaan energiaa, jonka määrää pystytään vähentämään käyttämällä monivaiheista haihdutinta, jossa energiaa pystytään ottamaan talteen ja käyttämään siinä uudelleen. Tämäkin on myös sitä sivujakeen eettistä käyttöä, eli parhaimmalla tavalla hyödynnettyä kokonaisuudessaan, vaikka ympäristövaikutukset saattavat olla tietyllä osin suuremmat.

## 7 YHTEENVETO

Peruna on yli 6000 vuotta vanha raaka-aine, joka on kuitenkin siihen nähden uusi Euroopassa, jonne se rantautui espanjalaisten mukana 1500-luvulla. Nykyään peruna on löytänyt oman paikkansa suomalaisen ruokakulttuurista yhtenä yleisimpänä raaka-aineena. Perunasta on keksitty tehdä niin viinaa, kuin myös muusia, sekä myöhemmin myös tärkkelystä, kun Leeuwenhoek havaitsi tärkkelysmyyväset mikroskoopilla vuonna 1716 (Seetharaman & Bertoft, 20.7.2012).

Perunan tärkkelysmyyväisien rakenne ja niiden ominaisuudet ovat mielenkiintoisia, sillä ne ovat pitäneet tutkijat ymmällään yli 300 vuotta. Jyvästen rakenteesta ei ole täysin selkoa saatu, ainoastaan sen verran, että amyloosi ja amylopektiini ovat jollain tapaa järjestäytyneitä, mutta selvää toistoa ei ole. Jyvästen rakenteeseen vaikuttavat niin perunalaji, kasvuolosuhteet, kuin ravinteiden saantikin. Oleellisinta kuitenkin on hyvin toteutunut fotosynteesi, jossa auringon energiasta ja ilman hiilidioksidista muodostuu happea ja glukoosia, joka varastoituu tärkkelyksenä perunan mukuloihin.

LCA ja siihen liittyvät ISO standardit tuntuivat aluksi hyvin vaikealukuisilta, monimutkaisilta ja niin sanotulta byrokratiaviidakoilta. Ahkeran tietojen etsinnän, termien selvittelyn ja standardien selailun jälkeen alkoi aihepiiri selkeytyä. Päällimmäisenä ajatuksena elinkaarilaskennasta jäi pitkä prosessi, paljon muistettavaa ja työläs projekti. Jotta elinkaarilaskennan saisi tehtyä tehokkaasti ja nopeallakin aikataululla, tulee taustalla olla useampi kokemus arviointikokonaisuuden suorittamisesta, sillä helposti voi unohtua pieniä yksityiskohtia elinkaariarvioinnin eri vaiheista. Erityisesti laskentavaiheessa tarvitaan suuntaa antavaa tietoa ajankohtaisista päästökertoimista ja -tasoista, jotta tietokannoista osataan valita oikeat tiedot.

SimaPro ohjelmistona vaikutti ammattimaiselta sekä monipuoliselta, mutta ensituntuma oli sokkeloinen ja kömpelö. Tämä mahdollisesti johtui siitä, että ohjelmistoa käytettiin opinäytetyön teossa etäyhteydellä nettiselaimessa, mikä muutti ohjelmiston ulkoasua kaapeammaksi ja täten hankalammaksi käyttää. Ohjelmiston käyttöön löytyi useamman hakuosan jälkeen oikein kelpo nettikurssi, jolla pääsi hyvin kiinni ohjelmiston käyttöominaisuuksiin ja laskennan suorittamiseen. Kursseja löytyi ainoastaan englanniksi, joten tässä

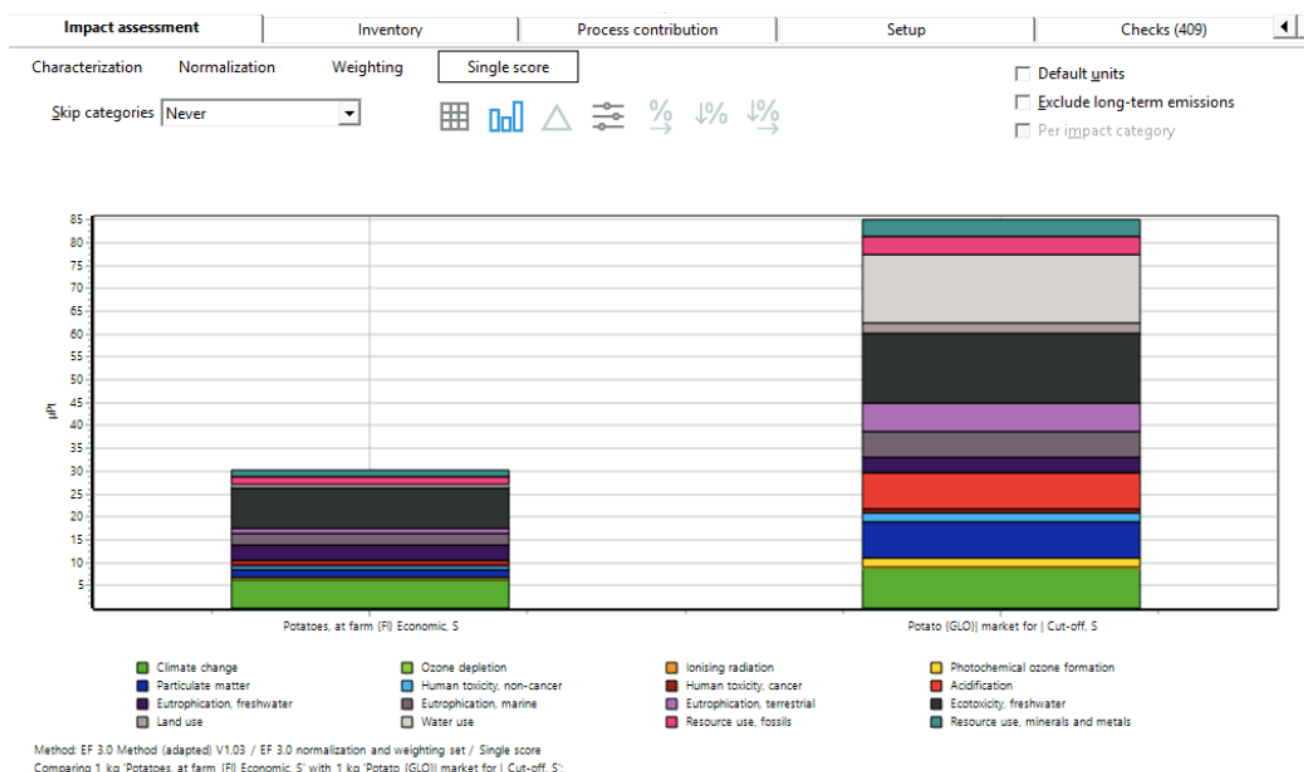
työssä laadittu suomenkielinen versio kurssin pintaraapaisusta tulee varmasti tarpeen henkilöille, jotka ovat alkumetreillä LCA-laskennassa ja sen käsitteiden ymmärtämisessä.

Tärkkelysprosessista oli hieman haastavaa laatia kokoonpanoa SimaPro:lle, sillä se on suunniteltu kokoonpanoteollisuudelle. Netistä löytyvät esimerkkikokoonpanot olivat rakennettu kuten tuoli, joka koostuu rungosta, istuimesta sekä nojasta. Perunatärkkelys ei koostu useasta osasta, vaan on osa toista kokonaisuutta, josta se erotetaan. Tämän mallintamiseen varmasti löytyisi järkevä ratkaisu, jos olisi enemmän aikaa ja kokemusta ohjelmistosta. Lopputulos laaditulla tavalla on kuitenkin suunnilleen samaa luokkaa, kuin mitä Luonnonvarakeskus (Luke) on aikaisemmissa tutkimuksissaan saanut (sisäinen tietolähde, 25.5.2023). Luken saamat hiilidioksidipäästöjen tulokset pyörivät 400 grammasta 1 500 grammaan per valmis tuotekilo. Tässä työssä saatu tulos oli 865 grammaa tuotekiloa kohti, mikä oli tuplasti korkeampi, kuin Luken viimeksi suorittama laskelma vuodelta 2019. Luken tulos tällöin oli noin 460 g CO<sub>2</sub> ekv/kg. Huomioitava on, että laskelma on tehty Kokemäen tehtaan tärkkelysprosessista. Alkutuotanto jaettuna kuva-aineiden perusteella eri tuotevirroille muuttaa kuitenkin tässä työssä saatua tulosta huomattavasti alemmas, kuten alaluvussa 5.5 pohdittiin.

Laskelmaa tehdessä huomattiin myös, että tulo- ja lähtövirtoja merkittäessä osakokoonpanoon eri määriille, esimerkiksi per 1 kg tai 1 000 kg natiivia tärkkelystä, tulee näiden hiilidioksidipäästöihin pieni ero. Tonnille merkittäessä tulos oli noin 60 g suurempi kuin kilolle merkittynä. Tähän saattaa vaikuttaa se, että tulosta varten ohjelmisto laskee itsenäisesti lukemat vastaamaan yhtä kiloa, jolloin lukujen pyöritykset voivat muuttaa lopputulosta.

Osakokoonpanojen kokoamisessa ilmeni poikkeamia päästöarvoissa tiedettyihin (sisäinen tietolähde, 25.5.2023) lukuihin nähden. Esimerkiksi monella tapaa sekaisin uusiutuvasti tuotettua (tuuli, vesi ja aurinko) sähköä ei tietokannoista löytynyt, joten laskennassa käytettiin keskiarvoista sähköntuotannon arvoa, mikä voi nostattaa lopullisia hiilidioksidipäästöarvoja. Lisäksi tietokannasta löytynyt suomalaisen perunan päästöarvo oli huomattavasti suurempi kuin laskennassa käytetty muun maailman tasolla mitattu peruna. Tähän luultavasti löytyy syy suomalaisen perunan tietoihin merkitystä turpeen käytöstä energianlähteenä, vaikka sillä ei nykyään ole merkittävää painoarvoa perunan tuotannossa, sillä turpeen käyttöä on vähennetty huomattavasti. Suomalaisen perunan CO<sub>2</sub> päästöt olivat

0,234 kg CO<sub>2</sub> ekv/kg, kun muun maailman perunalla vastaava luku oli 0,149 kg CO<sub>2</sub> ekv/kg. Ihmetystä tämän luvun erosta on aiheuttanut myös se, että *Single score* on suomalaisessa perunassa huomattavasti pienempi, kuin muun maailman perunalla (kuvio 22). Toisaalta näiden erona voi myös olla allokointiperuste, eli se, miten tiedot on jaoteltu ja syötetty perunoiden tietoihin. Suomalainen peruna oli allokoitu talousperusteisesti, kun taas muun maailman perunalle on tehty massaperusteinen allokointi. Loppujen lopuksi mysteeriksi jää, mikä tämän huomattavan eron aiheuttaa. Paremmalla perehtymisellä se voisi selvitä, mutta sille ei nähty suurempaa tarvetta tähän työhön.



Kuvio 22. SimaPro, perunoiden tietokantavertailu single score.

## LÄHTEET

- Ahvenainen, R., Virtanen, A., & Teräväinen, H. (2001). *Laatuperunan tuotanto*. Maaseutukeskusten Liitto.
- Antikainen, R. (2010). *Elinkaarimetodiikkojen nykytila, hyvät käytännöt ja kehitystarpeet*. Suomen ympäristökeskus. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/39822>
- Astuti, R., Kurniawan, B. C. & Setiyawan, D. T. (2021). *Implementation of Life Cycle Assessment (LCA) in environmental impact evaluation on production of ground coffee*. Department of Agroindustrial Technology in University of Brawijaya, Indonesia. [https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2021/82/e3sconf\\_ica-dai21\\_04019.pdf](https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2021/82/e3sconf_ica-dai21_04019.pdf)
- Hoffman, L., Jensen, A. A., & Møller, B. T. (1998). *Life cycle assesment: A guide to approaches, experiences, and information sources*. European Environment Agency. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/17ec55bc-c936-11e6-ad7c-01aa75ed71a1>
- Jensen, A. E. (24.11.2021). *Yhteyttäminen pitää elämän käynnissä*. Tieteen Kuvalehti. <https://tieku.fi/luonto/kasvit/mika-on-fotosynteesi>
- Luonnonvarakeskus (Luke). (i.a.). *Maan kasvukunto*. Peruna. <https://ipm-oppaat.luke.fi/peruna/maan-kasvukunto>
- Luonnonvarakeskus (Luke). (28.4.2023). *Käytössä oleva maatalousmaa 2022*. Haettu 28.5.2023, <https://www.luke.fi/fi/tilastot/kaytossa-oleva-maatalousmaa/kaytossa-oleva-maatalousmaa-2022>
- Maa- ja metsätalousministeriö (MMM). (2011). *Ruoka- ja ruokateollisuusperunastrategia 2020*. [https://mmm.fi/documents/1410837/1801184/Ruoka- ja ruokateollisuusperunastrategia\\_2010.pdf/e977d442-a961-47b8-97ba-91117c898b80/Ruoka- ja ruokateollisuusperunastrategia\\_2010.pdf](https://mmm.fi/documents/1410837/1801184/Ruoka- ja ruokateollisuusperunastrategia_2010.pdf/e977d442-a961-47b8-97ba-91117c898b80/Ruoka- ja ruokateollisuusperunastrategia_2010.pdf)
- Miljögiraff Online. (i.a.). *All courses*. Haettu 29.4.2023, <https://miljogiraff-online.thinkific.com/collections>
- Myllymäen Peruna. (23.8.2022). *Perunatuotanto lajikkeittain Suomessa*. Haettu 12.4.2023, <https://www.myllymaenperuna.fi/peruna-info/perunantuotanto-lajikkeittain-suomessa/>
- Nawas, H., Waheed, R., Nawas, M., & Shahwar, D. (11.3.2020). *Physical and Chemical Modifications in Starch Structure and Reactivity: Amyloosin ja amylopektiinin rakenne tärkkelyksessä (CC BY 3.0) [kuva]*. Haettu 28.5.2023, [https://www.researchgate.net/figure/Structure-of-amylose-and-amylopectin-in-starch\\_fig1\\_339887938](https://www.researchgate.net/figure/Structure-of-amylose-and-amylopectin-in-starch_fig1_339887938)

- OpenCO2. (i.a.). CO2-termit tutuiksi. <https://www.openco2.net/fi/co2-tietoa>
- Peda.net. (i.a.). *Perunan historiaa*. [https://peda.net/hankkeet/geeniva-raoppi/yl%C3%A4koulu/biologia\\_ylakoulu/ljll/peruna-luonnos/phl](https://peda.net/hankkeet/geeniva-raoppi/yl%C3%A4koulu/biologia_ylakoulu/ljll/peruna-luonnos/phl)
- Pulkkinen, H., Kemppainen, M., Anu, M. & Virtanen, E. (2012). *Perunan ilmastovaikutukset: PotatoNow-hankkeen kirjallisuusselvitys*. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus (MTT). <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-419-9>
- Pärssinen, R., Suominen, I., & Haajanen, K. (2012). *Biogeeni*. Opetushallitus.
- Seetharaman, K., & Bertoft, E. (20.7.2012). *Perspectives on the history of research on starch*. Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/star.201200088>
- SimaPro. (i.a.-a). *About SimaPro*. Haettu 26.4.2023, <https://simapro.com/about/>
- SimaPro. (i.a.-b). *What does the unit points in ReCiPe mean and how is it determined*. SimaPro Help Center. Haettu 24.5.2023, <https://support.simapro.com/s/article/What-does-the-unit-points-in-ReCiPe-mean-and-how-is-it-determined>
- Singh, J., & Kaur, L. (2016). *Advances in potato chemistry and technology* (2. painos). Nikki Levy. [https://libts.seamk.fi/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=e000xww&AN=1151447&site=ehost-live&scope=site&ebv=EB&ppid=pp\\_Cover](https://libts.seamk.fi/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=e000xww&AN=1151447&site=ehost-live&scope=site&ebv=EB&ppid=pp_Cover)
- STT Viestintäpalvelut. (10.11.2022). *Yritysten päästövähennystoimille on olemassa uskottava työkalu, mutta sen käyttö on vähäistä*. UN Global Compact Network Finland. <https://www.sttinfo.fi/tiedote/yritysten-paastovahennystoimille-on-olemassa-uskottava-tyokalu-mutta-sen-kaytto-on-edelleen-vahaista?publisherId=69819709&releaseId=69956935>
- Suikkanen, J., & Nissinen, A. (2020). *Tuotteiden ympäristöjalanjälkimenetelmä PEF*. Suomen ympäristökeskus. [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/314109/SY-KEra\\_15\\_2020\\_PEF.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/314109/SY-KEra_15_2020_PEF.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Suomen Peruna. (i.a.). *Perunan historia*. <https://www.suomenperuna.fi/tietoa-perunasta/perunan-historia/>
- Suomen Standardoimisliitto (SFS). (2020). *Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet*. (SFS-EN ISO 14040:2006/A1:2020).
- Suomen Ympäristökeskus. (2017). *Tietoa elinkaariarvioinnista (LCA) ja elinkaariklinikka-toimintamallista pk-yrityksille*. Suomen Ympäristökeskus. <https://www.syke.fi/download/noname/%7B032490FA-19DF-4E5A-A40F-88E22B86DA20%7D/132057>

Thomas, D. J., & Atwell, W. A. (1999). *Starches*. American Association of Cereal Chemists.

TärkkiNetti. (i.a.). Soluneste. [http://www.tarkkelysperuna.fi/site?node\\_id=126](http://www.tarkkelysperuna.fi/site?node_id=126)

Vaclavik, V. A., & Christian, E. W. (2003). *Essentials of food science* (2. painos). Kluwer Academic/Plenum Publishers

## LIITTEET

Liite 1. Käytössä oleva maatalousmaa perunalle 2022 (Luke, 28.4.2023)

## Liite 1. Käytössä oleva maatalousmaa perunalle 2022 (Luke, 28.4.2023)

Käytössä oleva maatalousmaa perunalle 2022								
			Peruna yhteensä	Ruokaperuna	Varhaisperuna	Ruokateollisuusperuna	Tärkkelysperuna	Muu peruna *)
2022	KOKO MAA	Viljelyala (1 000 ha)	19,6	8,7	0,7	2,8	5,9	1,6
		Tiloja (kpl)	4871	4357	330	160	344	351
	Uusimaa	Viljelyala (1 000 ha)	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
		Tiloja (kpl)	271	261	23	8	1	3
	Varsinais-Suomi	Viljelyala (1 000 ha)	1,7	0,9	0,6	0,0	0,2	0,1
		Tiloja (kpl)	764	693	180	2	17	21
	Satakunta	Viljelyala (1 000 ha)	3,0	0,2	0,0	0,3	2,3	0,3
		Tiloja (kpl)	449	334	13	15	131	126
	Häme	Viljelyala (1 000 ha)	1,1	0,8	0,1	0,1	0,1	0,0
		Tiloja (kpl)	299	284	28	5	10	10
	Pirkanmaa	Viljelyala (1 000 ha)	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
		Tiloja (kpl)	250	247	7	0	3	2
	Kaakkois-Suomi	Viljelyala (1 000 ha)	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
		Tiloja (kpl)	327	321	18	1	0	0
	Etelä-Savo	Viljelyala (1 000 ha)	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
		Tiloja (kpl)	313	298	18	3	2	3
	Pohjois-Savo	Viljelyala (1 000 ha)	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
		Tiloja (kpl)	240	233	8	2	2	3
	Pohjois-Karjala	Viljelyala (1 000 ha)	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
		Tiloja (kpl)	112	110	1	1	0	0
	Keski-Suomi	Viljelyala (1 000 ha)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Tiloja (kpl)	282	282	2	0	0	0

	<b>Etelä-Pohjanmaa</b>	<b>Viljelyala (1 000 ha)</b>	4,8	1,5	0,0	0,2	2,8	0,4
		<b>Tiloja (kpl)</b>	476	346	5	12	143	116
	<b>Pohjanmaa</b>	<b>Viljelyala (1 000 ha)</b>	3,7	2,3	0,0	0,9	0,4	0,1
		<b>Tiloja (kpl)</b>	454	406	9	38	30	29
	<b>Pohjois-Pohjanmaa</b>	<b>Viljelyala (1 000 ha)</b>	3,3	1,9	0,0	0,6	0,1	0,7
		<b>Tiloja (kpl)</b>	380	331	8	25	5	35
	<b>Kainuu</b>	<b>Viljelyala (1 000 ha)</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		<b>Tiloja (kpl)</b>	61	60	1	0	0	1
	<b>Lappi</b>	<b>Viljelyala (1 000 ha)</b>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
		<b>Tiloja (kpl)</b>	119	118	0	1	0	0
	<b>Ahvenanmaa</b>	<b>Viljelyala (1 000 ha)</b>	0,7	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0
		<b>Tiloja (kpl)</b>	74	33	9	47	0	2
Taulukossa käytetään kunkin tilastointivuoden aluejakoa.								
Sisältää vuodesta 2013 alkaen vain taloudellisen kynnysarvon (SO 2 000 euroa) ylittävät yritykset.								
.Muu peruna *):								
*) Siemenperuna ja muu peruna.								
Päivitetty viimeksi:								
20230428 08:45								
Lähde:								
SVT: Luonnonvarakeskus, Käytössä oleva maatalousmaa								
Yhteystiedot:								
<A HREF=http://stat.luke.fi/kaytossa-oleva-maatalousmaa TARGET=_blank>Tilaston kotisivu</A>								

Tekijänoikeus								
Yksikkö:								
1 000 ha, kpl								
Tilastotietokannat:								
Luke/Tilastot								
Sisäinen viitekoodi:								
Luke_Maa_KMM_01								