

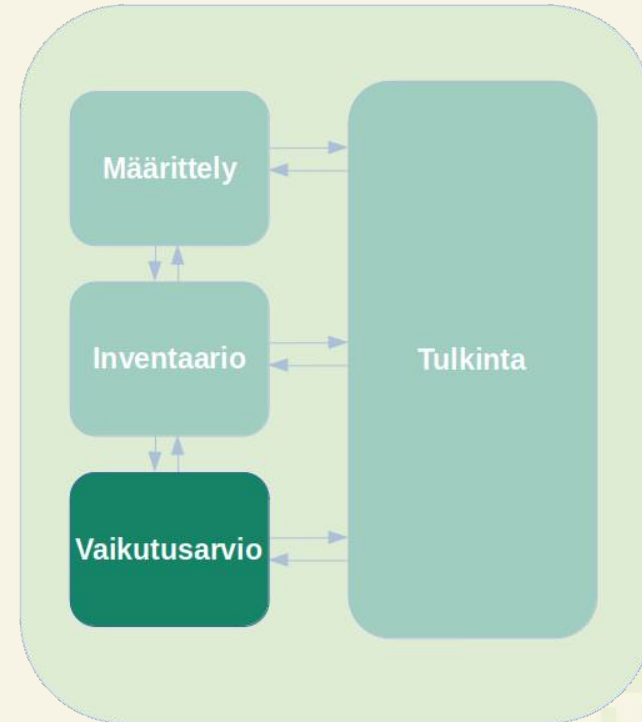
Elinkaariarviointi

5. Vaikutusarviointi, ympäristövaikutusluokat



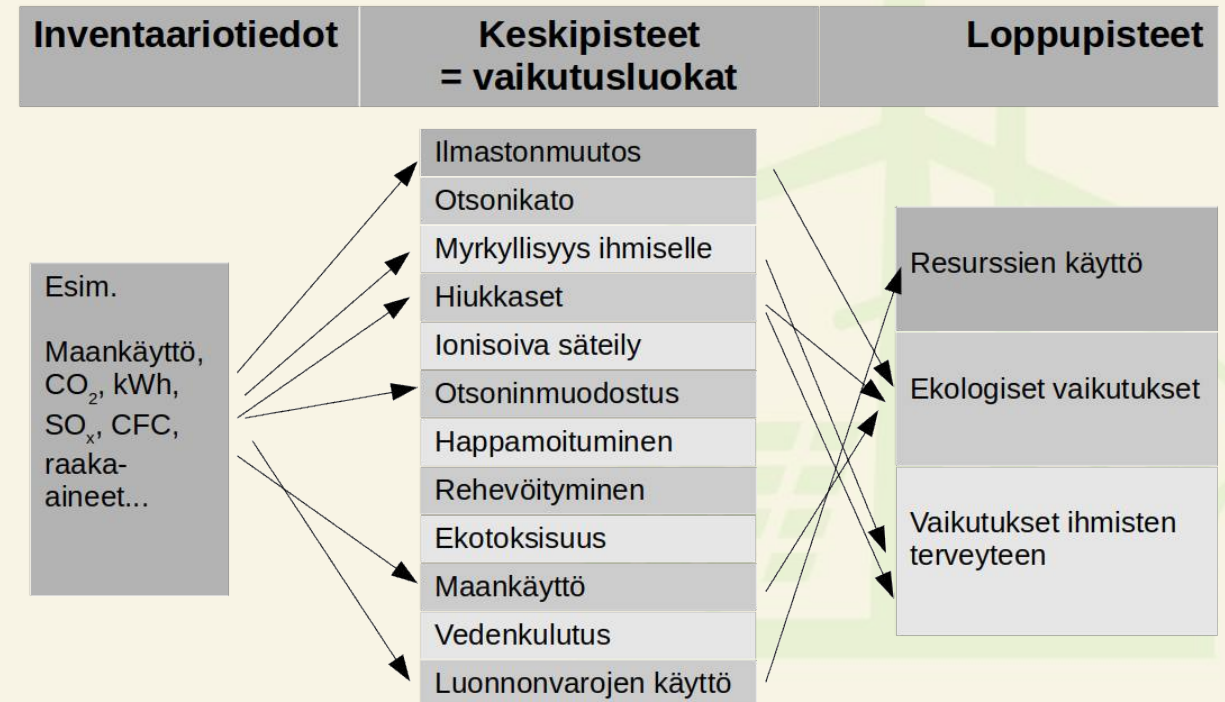
Luennon sisältö

- Vaikutusarviointi, LCIA
- Vaikutusarvioinnin suoritus
- Ympäristövaikutusluokkia



Vaikutusarviointi, LCIA

- Vaikutusarvioinnin tavoitteena on tarkastella inventaariovaiheessa kerättyjen virtojen potentiaalisia vaikutuksia
- Samanaikaisesti voidaan arvioida useita erilaisia ympäristövaikutuksia
- Vaikutusarviointi tapahtuu:
 - Luokittelemalla inventaariotiedot yhteen tai useampaan vaikutusluokkaan ja laskemalla niistä vaikutusluokan tulos
 - Lopuksi nämä yhdistetään vaikutusarvioinnin loppupisteisiin



Vaikutusarvioinnin suoritus

1. Valitaan vaikutusarviointiluokat (sis. indikaattorit, karakterisointimallit ja loppupisteet)
 - Yleensä käytetään vakiintuneita luokkia, mutta uusiakin voi keksiä
2. Inventaarioanalyysin tulosten liittäminen valittuihin kategorioihin
3. Vaikutusarvioindikaattorin laskeminen (karakterisointimallilla)
 - Vaikutusarvioinnissa luokittellaan inventaariotiedot yhteen tai useampaan vaikutusluokkaan
 - inventaariotiedot muunnetaan yhteiseen yksikköön karakterisointi-kerrointen avulla (karakterisointikertoimien määrän vuoksi käytännössä tämäkin tehdään LCA-ohjelmistolla)
 - tulokset yhdistetään vaikutusluokan sisällä

	Esimerkki
Inventaariovirta	Alumiini x kg
1. Vaikutusluokka	Luonnonvarojen käyttö – mineraalit ja metallit
2. Vaikutusluokka	Luonnonvarojen käyttö – fossiiliset luonnonvarat
3. Vaikutusluokka	Maankäyttö
4. Vaikutusluokka	...
Vaikutusluokka indikaattori	kg Sb -ekv.
Karakaterisointimalli	<i>CML 2002</i>
Tulos	paljonko vastaa kaivettua antimonia
Loppupiste	Resurssien käyttö

Ympäristövaikutusluokkia

Luennolla esitellään EU:n ympäristöjalanjälkimenetelmässä määriteltyjä kategorioita

Commission Recommendation (EU) 2021/2279 of 15 December 2021 on the use of the Environmental Footprint methods to measure and communicate the life cycle environmental performance of products and organisations

C/2021/9332

<http://data.europa.eu/eli/reco/2021/2279/oj>

- 1) Ilmastonmuutos
- 2) Otsonikato
- 3) Myrkyllisyys ihmiselle – syöpää aiheuttavat vaikutukset
- 4) Myrkyllisyys ihmiselle – muut kuin syöpää aiheuttavat vaikutukset
- 5) Hiukkaset
- 6) Ionisoiva säteily – vaikutukset ihmisten terveyteen
- 7) Otsonin valokemiallinen muodostuminen - ihmisten terveys
- 8) Happamoituminen
- 9) Rehevöityminen - maalla
- 10) Rehevöityminen - makeassa vedessä
- 11) Rehevöityminen - merivedessä
- 12) Ekotoksisuus - makeassa vedessä
- 13) Maankäyttö
- 14) Vedenkulutus
- 15) Luonnonvarojen käyttö – mineraalit ja metallit
- 16) Luonnonvarojen käyttö – fossiiliset luonnonvarat

Ilmastonmuutos

Global Warming Potential (GWP) mittaa kasvihuonekaasujen määrää ilmassa. GWP on kasvihuonekaasuja yhdistävä indikaattori.

Kasvihuonekaasut yhteismitallistetaan laskennallisesti, jolloin saadaan yhtenäinen tulos, eli CO₂-ekvivalentti

GWP käsitteellä tarkoitetaan "hiilijalanjälki"-termiä

Luotettavuus:

"I" (suositeltava ja tyydyttävä)

"II" (suositeltava, mutta vaatii joitain parannuksia)

"III" (suositeltava, mutta sitä tulisi käyttää varoen)

Vaikutusluokka	Ilmastonmuutos (Fossiilinen, biogeeninen, LULUCEF)
Vaikutusluokka-indikaattori	Ilmaston lämmityspotentiaali (GWP100)
Yksikkö	Kg CO ₂ ekv.
Karakterisointimalli	Bernin malli – Ilmaston lämmityspotentiaali 100 vuoden ajanjaksolla (IPCC 2013)
Luotettavuus	I

Otsonikato

Vaikutusluokassa arvioidaan otsonia tuhoavien yhdisteiden aiheuttamaa stratosfäärin otsonikatoa

Karakterisointikertoimella suhteutetaan eri aineet CFC-11:een

Vaikutusluokka	Otsonikato
Vaikutusluokka-indikaattori	<i>Otsonituhopotentiaali (ODP)</i>
Yksikkö	<i>kg CFC-11-ekv.</i>
Karakterisointimalli	<i>EDIP-malli, joka perustuu WMO:n määrittämään otsonituhopotentiaaliin määrittelemättömällä ajanjaksolla</i>
Luotettavuus	<i>1</i>

Myrkyllisyys ihmiselle

- syöpää aiheuttavat vaikutukset

USEtox-malli perustuu tieteelliseen konsensukseen kemiallisten päästöjen vaikutuksesta ihmiseen ja ympäristön terveyteen

Mallia päivitetään jatkuvasti mm. lisäämällä uusia kemikaaleja

Mallissa huomioidaan päästöt ilmaan, maatalousmaahan, maaperään, makeaan ja meriveteen

Päästöistä mallinnetaan

- käyttäytyminen ympäristössä
- altistuminen aineille (ihmiset, eläimet, kasvit)
- altistumisen vaikutukset
 - CTU_h = Comparative Toxic Unit for human
 - CTU_e = Comparative Toxic Unit for ecosystem

Vaikutusluokka	Myrkyllisyys ihmiselle - syöpää aiheuttavat vaikutukset
Vaikutusluokka-indikaattori	Myrkyllisyyden vertailuyksikkö ihmisillä (CTU_h)
Yksikkö	CTU_h
Karakterisointimalli	Perustuu USEtox2.1 - malliin (Fantke, P., Bijster, M., Guignard, C., Hauschild, M., Huijbregts, M., Jolliet, O., Kounina, A., Magaud, V., Margni, M., McKone, T.E., Posthuma, L., Rosenbaum, R.K., van de Meent, D., van Zelm, R., 2017. USEtox®2.0 Documentation (Version 1), http://usetox.org . https://doi.org/10.11581/DTU:00000011) (*)
Luotettavuus	III

*) Sellaisena, kun se on esitetty: Saouter E., Biganzoli F., Ceriani L., Pant R., Versteeg D., Crenna E., Zampori L. Using REACH and EFSA database to derive input data for the USEtox model. EUR 29495 EN, Euroopan unionin julkaisutoimisto, Luxemburg, 2018

Myrkyllisyys ihmiselle

- muut kuin syöpää aiheuttavat vaikutukset

Kts. edellinen

Vaikutusluokka	Myrkyllisyys ihmiselle - syöpää aiheuttavat vaikutukset
Vaikutusluokka-indikaattori	Myrkyllisyyden vertailuyksikkö ihmisillä (CTU _h)
Yksikkö	CTU _h
Karakterisointimalli	Perustuu USEtox2.1 - malliin (Fantke, P., Bijster, M., Guignard, C., Hauschild, M., Huijbregts, M., Jolliet, O., Kounina, A., Magaud, V., Margni, M., McKone, T.E., Posthuma, L., Rosenbaum, R.K., van de Meent, D., van Zelm, R., 2017. USEtox®2.0 Documentation (Version 1), http://usetox.org . https://doi.org/10.11581/DTU:00000011) (*)
Luotettavuus	III

*) Sellaisena, kun se on esitetty: Saouter E., Biganzoli F., Ceriani L., Pant R., Versteeg D., Crenna E., Zampori L. Using REACH and EFSA database to derive input data for the USEtox model. EUR 29495 EN, Euroopan unionin julkaisutoimisto, Luxemburg, 2018

Hiukkaset

Vaikutusluokka kuvastaa terveysvaikutuksia suhteessa hiukkaspäästöihin

Yksikkönä on tautien esiintyvyys päästettyä PM_{2.5} kilogrammaa kohti (PM_{2.5} tarkoittaa halkaisijaltaan alle 2.5µm partikkeleita)

Vaikutusluokka	Hiukkaset
Vaikutusluokka-indikaattori	<i>Vaikutukset ihmisten terveyteen</i>
Yksikkö	<i>Tautien esiintyvyys</i>
Karakterisointimalli	<i>PM-malli (Fantke, P., Evans, J., Hodas, N., Apte, J., Jantunen, M., Jolliet, O., McKone, T.E. (2016). Health impacts of fine particulate matter. Teoksessa Frischknecht, R., Jolliet, O. (toim.), Global Guidance for Life Cycle Impact Assessment Indicators: Volume 1. UNEP/SETAC Life Cycle Initiative, Pariisi, s. 76–99)</i>
Luotettavuus	<i>/</i>

Ionisoiva säteily

– vaikutukset ihmisten terveyteen

Radioaktiivisten aineiden hajotessa vapautuu ionisoivaa säteilyä

Altistuminen aiheuttaa muutoksia DNA:ssa

- syövät
- synnynnäiset epämuodostumat

Indikaattorissa suhteutetaan altistumispotentiaali uraani-235:n aiheuttamaan säteilyyn

Vaurioita ekosysteemille ei indikaattorissa huomioda

Vaikutusluokka	Ionisoiva säteily – vaikutukset ihmisten terveyteen
Vaikutusluokka-indikaattori	<i>Ihmisten altistumisen tehokkuus suhteessa U-235:een</i>
Yksikkö	<i>kBq U-235-ekv.</i>
Karakterisointimalli	<i>Ihmisten terveyteen kohdistuvien vaikutusten malli (Dreicer M., Tort V. ja Manen P. (1995): ExternE, Externalities of Energy, Vol. 5 Nuclear, Centre d'étude sur l'Evaluation de la Protection dans le domaine nucléaire (CEPN), edited by the European Commission DGXII, Science, Research and development JOULE, Luxemburg)</i>
Luotettavuus	<i>//</i>

Otsonin valokemiallinen muodostuminen - ihmisten terveys

"Non-methane volatile organic compounds" (NMVOC) eli haihtuvat orgaaniset yhdisteet poislukien metaani synnyttävät valokemiallisesti otsonia

Alailmakehässä otsoni vaikuttaa haitallisesti ihmisen terveyteen

LOTOS-EUROS-malli toimii vain Euroopassa

Vaikutusluokka	Otsonin valokemiallinen muodostuminen - ihmisten terveys
Vaikutusluokka-indikaattori	<i>Alailmakehän otsonipitoisuuden kasvu</i>
Yksikkö	<i>kg NMVOC -ekv.</i>
Karakterisointimalli	<i>LOTOS-EUROS-malli (Van Zelm R., Huijbregts M.A.J., Den Hollander H.A., Van Jaarsveld H.A., Sauter F.J., Struijs J., Van Wijnen H.J. ja Van de Meent D. (2008): European characterisation factors for human health damage of PM10 and ozone in life cycle impact assessment. Atmospheric Environment 42)</i>
Luotettavuus	<i>//</i>

Happamoituminen

Happamoituminen laskee maaperän tai veden pH-arvoa

- seurauksena ympäristövaikutukset mm. kalakannoissa

Indikaattori kuvaa ilmasta laskeutuvan happamoittavan yhdisteen potentiaalista vaikutusta maaperään tai veteen

Kertynyt ylitys (Accumulated Exceedance, AE) kuvaa herkän alueen kriittisen kuormituksen ylittymisen muutosta maaperä- ja päävesiekosysteemeissä

Vaikutusluokka	Happamoituminen
Vaikutusluokka-indikaattori	<i>Accumulated Exceedance (AE) -malli</i>
Yksikkö	<i>mol H⁺ -ekv.</i>
Karakterisointimalli	<i>Accumulated Exceedance -malli</i> <i>(Seppälä J., Posch M., Johansson M. ja Hettelingh J.P. (2006): Country-dependent Characterisation Factors for Acidification and Terrestrial Eutrophication Based on Accumulated Exceedance as an Impact Category Indicator. International Journal of Life Cycle Assessment 11(6))</i>
Luotettavuus	<i>//</i>

Rehevöityminen - maalla

Vrt. happamoituminen

Rehevöitymisessä ekosysteemin tulee liikaa ravinteita

- vahingoittaa herkissä järjestelmissä kasveja ja eläimiä

AE-malli kuvaa herkän maaperäalueen kriittisen kuormituksen ylityksen muutosta
Karakterisointikertoimella suhteutetaan eri tyyppiyhdisteiden rehevöittämispotentialiaali

Riippuu Euroopan maakohtaisista olosuhteista

Vaikutusluokka	Rehevöityminen maalla
Vaikutusluokka-indikaattori	<i>Accumulated Exceedance (AE) -malli</i>
Yksikkö	<i>mol N -ekv.</i>
Karakterisointimalli	<i>Accumulated Exceedance -malli</i> <i>(Seppälä J., Posch M., Johansson M. ja Hettelingh J.P. (2006): Country-dependent Characterisation Factors for Acidification and Terrestrial Eutrophication Based on Accumulated Exceedance as an Impact Category Indicator. International Journal of Life Cycle Assessment 11(6))</i>
Luotettavuus	//

Rehevöityminen - makeassa vedessä

Makeaan veteen päätyvien ravinteiden määrä

Makeavesiympäristöissä fosfori katsotaan rajoittavaksi tekijäksi

- makeaveden rehevöitymiseen arvioidaan vain fosforiyhdisteitä (fosfori-ekvivalentilla)

EUTREND-mallia käytetään ilmaan päätyviin päästöihin

Toimii Euroopassa

Vaikutusluokka	Rehevöityminen makeassa vedessä
Vaikutusluokka-indikaattori	Makean veden ympäristöihin pääsevien ravinteiden osuus (P)
Yksikkö	kg P -ekv.
Karakterisointimalli	EUTREND-malli (Struijs J., Beusen A., van Jaarsveld H. ja Huijbregts M.A.J. (2009): "Aquatic Eutrophication". Luku 6 teoksessa Goedkoop M., Heijungs R., Huijbregts M.A.J., De Schryver A., Struijs J., Van Zelm R. (2009): ReCiPe 2008. Report I: Characterisation factors, first edition)
Luotettavuus	//

Rehevöityminen - merivedessä

Kts. rehevöityminen makeassa vedessä
Merivedessä kriittinen aine on typpi

Vaikutusluokka	Rehevöityminen merivedessä
Vaikutusluokka-indikaattori	<i>Meriympäristöihin päätyvien ravinteiden osuus (N)</i>
Yksikkö	<i>kg N -ekv.</i>
Karakterisointimalli	EUTREND-malli <i>(Struijs J., Beusen A., van Jaarsveld H. ja Huijbregts M.A.J. (2009): "Aquatic Eutrophication". Luku 6 teoksessa Goedkoop M., Heijungs R., Huijbregts M.A.J., De Schryver A., Struijs J., Van Zelm R. (2009): ReCiPe 2008. Report I: Characterisation factors, first edition)</i>
Luotettavuus	//

Ekotoksisuus - makeassa vedessä

- kts. myrkyllisyys ihmiselle

Vaikutusluokka	Ekotoksisuus - makeassa vedessä
Vaikutusluokka-indikaattori	Myrkyllisyyden vertailuyksikkö ekosysteemeille (CTU _e)
Yksikkö	CTU _e
Karakterisointimalli	Perustuu USEtox2.1 - malliin (Fantke, P., Bijster, M., Guignard, C., Hauschild, M., Huijbregts, M., Jolliet, O., Kounina, A., Magaud, V., Margni, M., McKone, T.E., Posthuma, L., Rosenbaum, R.K., van de Meent, D., van Zelm, R., 2017. USEtox®2.0 Documentation (Version 1), http://usetox.org . https://doi.org/10.11581/DTU:00000011) (*)
Luotettavuus	III

*) Sellaisena, kun se on esitetty: Saouter E., Biganzoli F., Ceriani L., Pant R., Versteeg D., Crenna E., Zampori L. Using REACH and EFSA database to derive input data for the USEtox model. EUR 29495 EN, Euroopan unionin julkaisutoimisto, Luxemburg, 2018

Maankäyttö

LANCA mallissa otetaan huomioon

- eroosionkestävyys
- Mekaaninen ja fysikaalis-kemiallinen suodatus
- pohjaveden uusiutuminen
- bioottinen tuotanto

Näiden perusteella lasketaan yksi indeksi

Vaikutuksia biodiversiteettiin ei huomioida

Vaikutusluokka	Maankäyttö
Vaikutusluokka-indikaattori	<i>Maaperän laatuindeksi</i>
Yksikkö	<i>Maaperän laatuindeksi (pt)</i>
Karakterisointimalli	<i>LANCA-malli (De Laurentiis, V., Secchi, M., Bos, U., Horn, R., Laurent, A. ja Sala, S. (2019). Soil quality index: Exploring options for a comprehensive assessment of land use impacts in LCA. Journal of cleaner production, 215)</i>
Luotettavuus	<i>III</i>

Vedenkulutus

AWARE-malli (Available WATER REmaining) arvioi vedenpuutoksen potentiaalia joko ihmisille tai ekosysteemeille

Se vertaa käytettyä vesimäärää saatavilla olevan veteen, sen jälkeen kun ihmisten ja vesiekosysteemien kysyntä on täytetty

Indikaattorin arvo 0,1 - 100

- 1 on maailman keskiarvo
- 10 edustaa aluetta, jossa on 10 kertaa vähemmän jäljellä olevaa vettä aluetta kohti kuin maailman keskiarvo
- Suomi 0,1 - 1

Vaikutusluokka	Vedenkulutus
Vaikutusluokka-indikaattori	<i>Vesiniukkuuspotentiaali (niukkuuspainotettu vedenkulutus)</i>
Yksikkö	<i>Veden käyttö suhteessa alueelliseen vesiniukkuuteen m³ -ekv</i>
Karakterisointimalli	<i>Available Water Remaining (AWARE) - malli (Boulay A.M., Bare J., Benini L., Berger M., Lathuillière M.J., Manzardo A., Margni M., Motoshita M., Núñez M., Pastor A.V., Ridoutt B., Oki T., Worbe S., Pfister S. (2018). The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: Assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE). Int J LCA 23(2):368–37)</i>
Luotettavuus	<i>III</i>

Luonnonvarojen käyttö – mineraalit ja metallit

Elottomien resurssien (uusiutumattomien luonnonvarojen,) käytön mallinnus, abiotic depletion potential (ADP)

- vuotuinen tuotanto
- resurssin saatavuus (“ultimate reserve”)

Indikaattori suhteutetaan antimoinin saatavuuteen

Vaikutusluokka	Luonnonvarojen käyttö – mineraalit ja metallit
Vaikutusluokka-indikaattori	<i>Abioottisten luonnonvarojen ehtyminen (ADP –luonnonvarat)</i>
Yksikkö	<i>kg Sb -ekv.</i>
Karakterisointimalli	<i>CML 2002 (v. 4.8) -menetelmä (Van Oers L., de Koning A., Guinee J.B. ja Huppes G. (2002): Abiotic Resource Depletion in LCA. Road and Hydraulic Engineering Institute, Ministry of Transport and Water, Amsterdam)</i>
Luotettavuus	<i>III</i>

Luonnonvarojen käyttö – fossiiliset luonnonvarat

Uusiutumattomien fossiilisten polttoaineiden käyttö

Lasketaan niiden sisältämän tehollisen lämpöarvon mukaan

Vaikutusluokka	Luonnonvarojen käyttö – fossiiliset luonnonvarat
Vaikutusluokka-indikaattori	Abioottisten luonnonvarojen ehtyminen – fossiiliset polttoaineet (ADP -fossiiliset luonnonvarat)
Yksikkö	MJ
Karakterisointimalli	CML 2002 (v. 4.8) -menetelmä (Van Oers L., de Koning A., Guinee J.B. ja Huppes G. (2002): Abiotic Resource Depletion in LCA. Road and Hydraulic Engineering Institute, Ministry of Transport and Water, Amsterdam)
Luotettavuus	III

VIHREÄN
SIIRTYMÄN
TUOTEKEHITYS

Kiitos!

