

TIEKARTTA YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN PIENENTÄMISEKSI

CASE: LÄMMÖNTUOTANTO


Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020


Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto


ILMASTO
INDIKAATTORI



TAUSTAA TIEKARTALLE

Suomi on matkalla kohti puhdasta energiaa

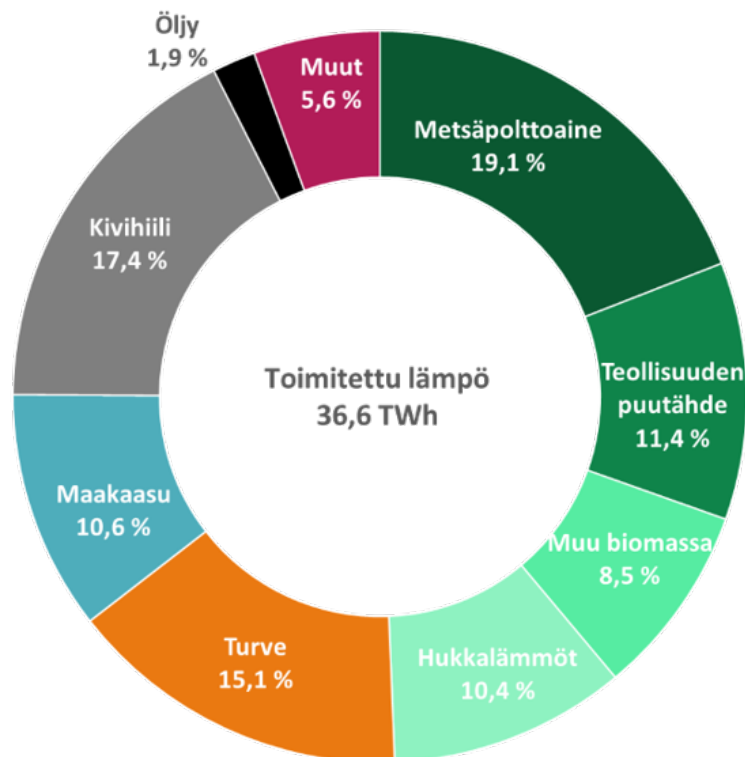
- Hiilineutraalisuustavoite 2030
- Kaukolämmön ja siihen liittyvän sähkön tuotannon päästöt puolittuvat 2030 mennessä verrattuna vuoteen 2018 (energia.fi)
- Orgaanista jätettä, eli palavaa, maatuvaa tai lahoavaa materiaalia ei ole vuoden 2016 jälkeen saanut kasata kaatopaikalle

Kohti tavoitteita

- Kiertotalous
- Energiaksi käytetään maa- ja metsätalouden sivuvirtoja, jätteitä ja hukkalämpöjä. Samalla puhdas energia mahdollistaa kiertotalouden



Copyright © Free Vector Maps.com



[Kaukolämpö ja -jäähdytys – Energiamaailma](#)

Vastuu ja yhteistyö

- Energiayhtiöiden teot vähentävät teollisuuden, liikenteen, rakennusten lämmityksen, palveluiden ja maatalouden hiilipäästöjä
- Toimialojen rajat ylittävä yhteistyö avainasemassa

Suomalaisen hajautetun energiajärjestelmän vahvuutena on monipuolisuus

Kaukolämmön tuotantoon käytetään:

- biomassoja (puupelletti, hake, sahanpuru, biojäte, jäteliemet)
- biokaasua
- tuontipolttoaineita (öljy, kivihiili, maakaasu)
- turvetta

KIERTOTALOUDEN MUKAISEN TOIMINNAN VAKIINTUESSA BIPOHJAISTEN SIVUVIRTOJEN HYÖDYNTÄMISEEN PERUSTUVA KAUKOLÄMMÖN TUOTANTO VAHVISTUU JA SEN RINNALLE TULEE *POLTTOON PERUSTUMATTOMIA* TEKNOLOGIOITA

TYÖVÄLINEITÄ JA KÄSITTEITÄ YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOIMISEEN

Life Cycle Assessment / Elinkaariarviointi

menetelmä tuotteen tai palvelun koko elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten analysointiin ja arviointiin. Elinkaariarviointia toteutetaan erilaisin rajauksin, joissa voidaan ottaa huomioon

- kaikki suorat päästöt, jotka ovat yrityksen hallinnassa
- myös epäsuorat päästöt, joihin lukeutuvat muiden tuottamat hyödykkeet ja tarvikkeet
- sekä muut epäsuorat päästöt, jossa luetaan mukaan myös yrityksen toiminnasta ja tuotteista aiheutuvat, mutta epäsuorasti hallittavissa olevat päästöt.

ISO14040-sarjan standardit: "Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework"

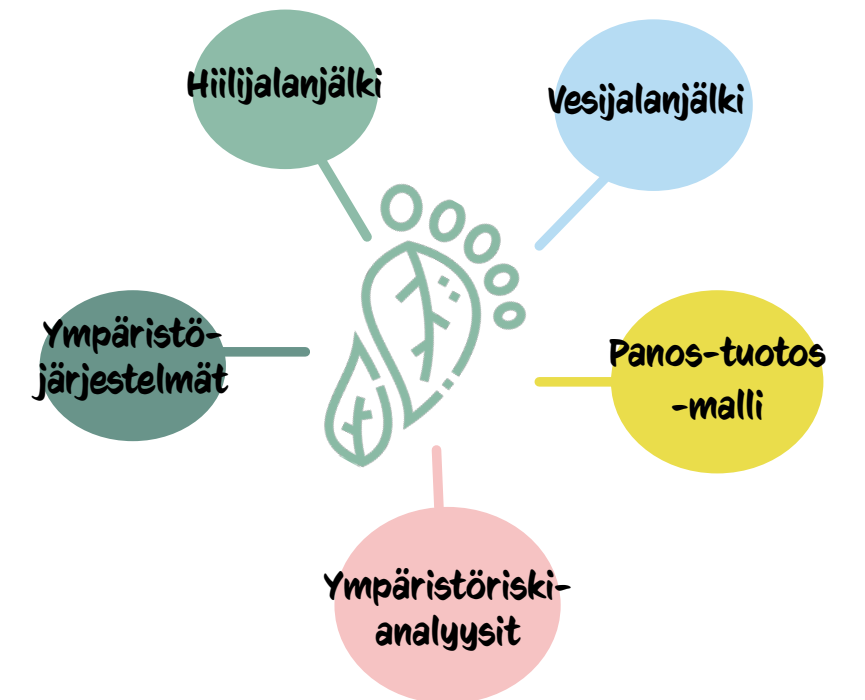
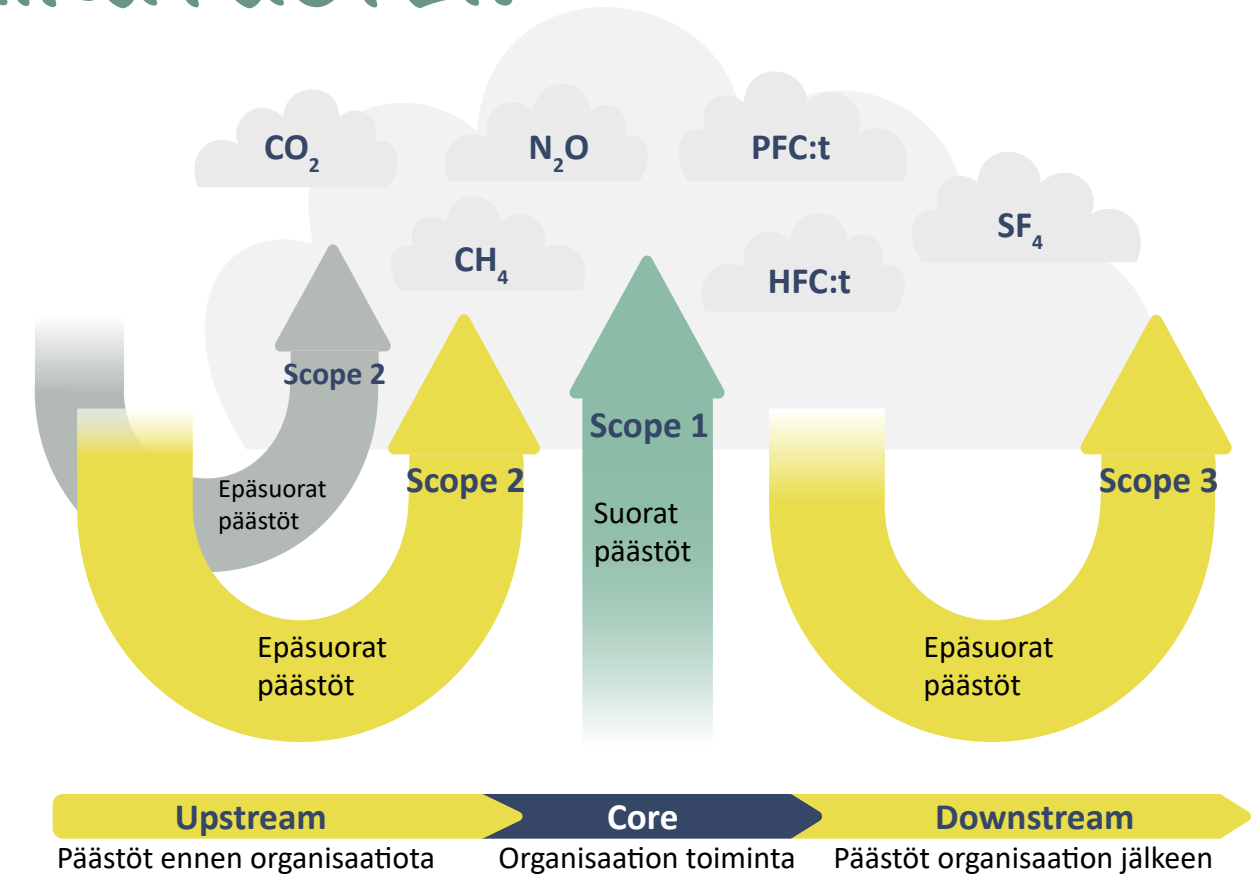
Global Warming Potential / GWP

= indeksi / kerroin, joka kertoo aineen kasvihuonehaitallisuuden. Muiden aineiden arvoja verrataan hiilidioksidiin / CO₂, jonka GWP-arvo on 1.0. GWP lasketaan tietyllä aikavälillä, yleensä 100 vuoden ajalle laskettuna arvona. Asteikko on 0:sta ylöspäin.

(Kylmäaineiden ympäristövaikutusten tunnusluvut : ODP, GWP, TEWI • Darment)

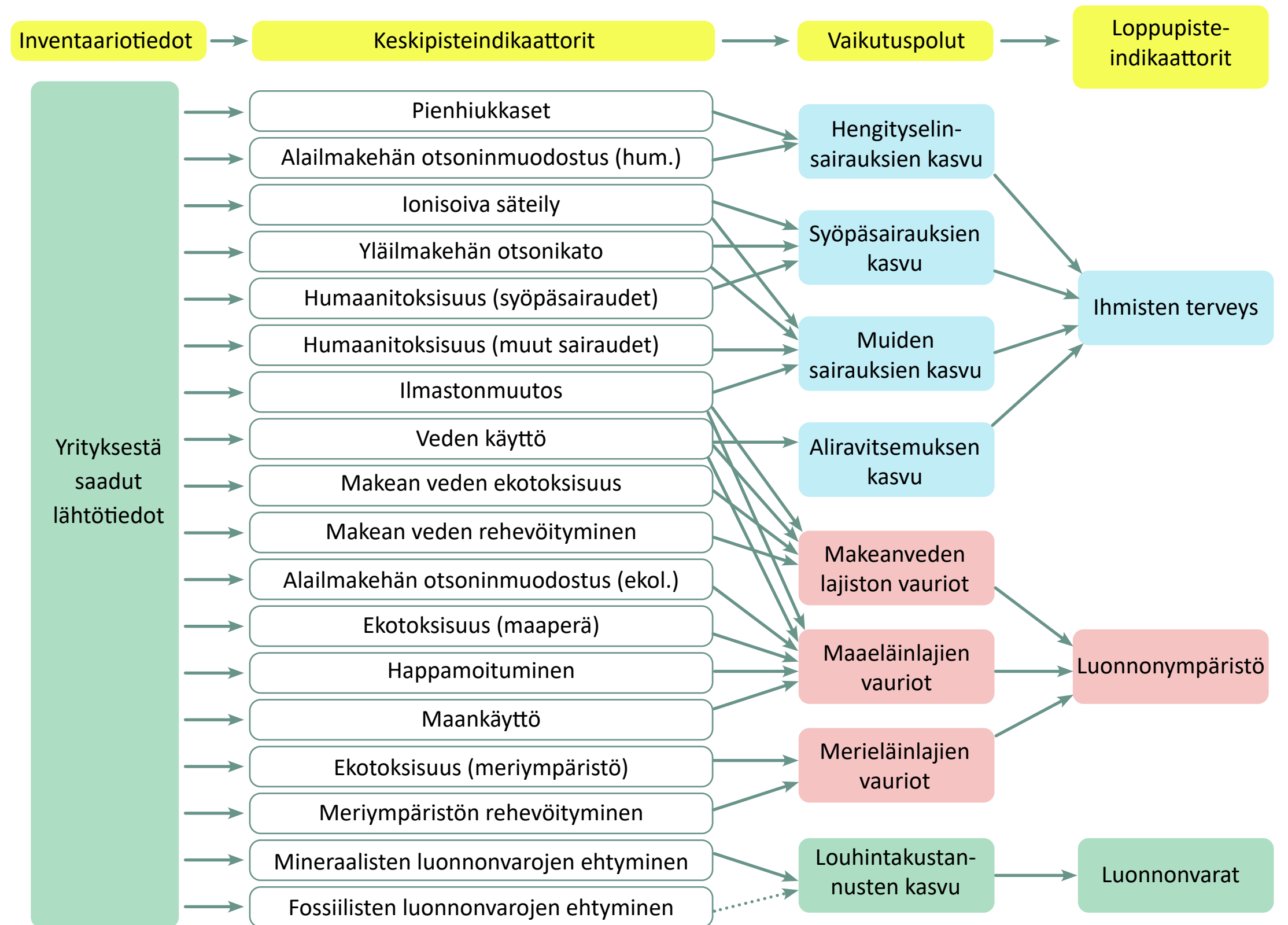
Hiilidioksidiekvivalentti CO₂ekv

Kasvihuonekaasut ilmaistaan hiilidioksidiekvivalentteina. Hiilidioksidin ekvivalenttipäästöihin lasketaan hiilidioksidipäästöt sellaisenaan, metaanipäästöt (CH₄) kerrottuna luvulla 25 ja typpioksiduulipäästöt (N₂O) kerrottuna luvulla 298. Nämä kertoimet kuvaavat kyseisten yhdisteiden vaikuttavuutta kasvihuoneilmiöön hiilidioksidiin verrattuna (LIPASTO (vtt.fi))



ELINKAAREN AIKAISIA YMPÄRISTÖVAIKUTUKSIA VOIDAAN TODENTAA NUMEERISIKSI ARVOIKSI SIMULOINTIOHJELMIEN AVULLA.

OSA ELINKAARIANALYYSIN TULOKSINA SAADUISTA ARVOISTA KUVAAA KESKIPISTEINDIKAATTOREITA ELI VAIKUTUSLUOKKIA (TOIMINNAN VAIKUTUKSIA YMPÄRISTÖLLE) JA OSA LOPPUPISTEINDIKAATTOREITA ELI HAITTOJA (JOS TOIMINTA TOTEUTUU)



SimaPro-mallinnusohjelman ReCiPe 2016 -vaikutusarvioinnin keskipisteindikaattorit ja niiden vaikutus loppupisteindikaattoreihin (Mukaillen: Golsteijn 2022)

LÄMMÖNTUOTANNON ELINKAARIARVIOINNIN OLEELLISIA INDIKAATTOREITA

Polttoaineiden kuljetuksen näkökulmasta:

Infographic showing environmental indicators for fuel transport. The background is a photograph of a highway with several trucks. Overlaid on the image are five circular icons, each with a title and a brief description:

- Pienhiukkaset**
(liikennepöly, alailmakehän otsonin muodostuminen)
- Maankäyttö**
- Melu**
- Ilmastomuutos**

Prosessin näkökulmasta:

Infographic showing environmental indicators for the production process. The background is a photograph of an industrial facility with smokestacks and buildings. Overlaid on the image are five circular icons, each with a title and a brief description:

- Ilmastomuutos**
- Happamoituminen**
(NOx- ja SO2-päästöt (Rantapirkola 2017))
- Rehevöityminen**
- Toksisuustekijät**
- Luonnonvarojen ehtyminen**
(Fossiiliset ja mineraaliset)

Goedkoop ym. 2016

BIOENERGIA LÄMMÖNTUOTANNOSSA

oivallinen pitkäaikaisen hiilidioksiditasapainon ylläpitäjä

Biomassa

- eloperäiset ainekset, kuten puu, hakkuujätettä sekä sokeria ja tärkkelystä sisältävät kasvit
- eläinten lanta, ruoho, oljet ja vesikasvit
- metsäteollisuuden jäteliemet
- kotitalousjäte (osittain)

Biokaasua

syntyy luontaisesti mm. biojätteen tai elintarviketeollisuuden jätteiden hajotessa, jätevesipuhdistamoilla, sekä maatalouden lannoista ja metsäteollisuuden lietteistä.

Biokaasua tuotetaan mädättämällä biomassaa, jota voidaan jalostaa edelleen puhdistamalla tai jatkokäsittelemällä. Raakabiokaasua voidaan polttaa voima- tai lämpölaitosten kattiloissa sellaisenaan, mutta puhdistamalla ja paineistamalla saadaan korkeamman jalostusasteen tuote biometaani, joka on noin 95% metaania.

[Polttoaineet - Energiamaailma](#)

Nestemäisiä biopolttoaineita

- biodiesel
- uusiutuva diesel
- etanoli
- bioöljy
- pyrolyysiöljy

Biopolttoaineista ei synny rikkidioksidia, ainoastaan typen oksideja ja hiukkaspäästöjä

77%

BIOENERGIAN OSUUS UUSIUTUVASTA ENERGIASTA SUOMESSA

33%

BIOENERGIAN OSUUS KOKO MAAN ENERGIANKULUTUKSESTA VUONNA 2019



ILMASTO
INDIKAATTORI

PUUPOLTTOAINEET

Metsän harvennushakkuusta, päätehakkuusta tai metsäteollisuuden sivutuotteena

(Havukainen ym. 2018)

- Metsäteollisuuden sivutuotteet (kuori, puru, bioliemet)
- Hakkuutähteet (oksat, latvukset, pienpuu)
- Metsänhoidollisten hakkuiden pienpuu
- Kierrätetty puu

Hankintaketjun GWP-potentiaalin osuus noin 90 % koko päästöistä eli 2–4 gCO₂ekv/MJ CHP-voimalaitokselle, josta kuljetusten osuus on 12–31 %

Puun hankinnan ilmastolämpenemispotentiaali on lähes yhtä suuri kuin puun poltossa



ILMASTO
INDIKAATTORI

25%

PUUENERGIAN OSUUS SUOMEN KOKONAISENERGIASTA

74%

PUUENERGIAN OSUUS UUSIUTUVASTA ENERGIASTA SUOMESSA VUONNA 2019

[Bioenergia Ry - Puuenergia](#)
[Energiamailma - Polttoaineet](#)

Suurimmat ympäristövaikutukset



Ilmastonmuutos



Happamoituminen



Rehevöityminen

PUUPOLTTOAINEET

Pelletti

- Kuivaus aiheuttaa suurimmat kokonaisvaikutukset hakkeeseen verrattuna
- Käytetään sideaineita
- Happamoitumisindikaattori suurin verrattuna hakkeen valmistukseen, jossa sillä ei ole ei merkittävää vaikutusta

Sekä hakkeen että pellettien rehevöitymispotentialiaali on suhteellisen matala verrattuna ilmastolämpenemis- ja happamoitumispotentialiaaliin. Rehevöityminen aiheutuu suurimmaksi osaksi polton typpipitoisista kaasuista ja partikkeleista.

(Havukainen ym. 2018)

Metsätähdehake

- Suomessa yksi yleisimmistä menetelmistä
- Aiheuttaa pienemmät ilmastolämpenemispotentialivaikutukset kuin keskitetty hakettamo (Havukainen ym. 2018)
- Hakkeen poltto on epäpuhtaampaa ja tehottomampaa vrt. tasalaatuinen pelletti (SSS Oy, 2020)
- Pitkä varastointiaika tuottaa runsaasti kasvihuonekaasuja (Hieta 2010)

Ilmastolämpenemispotentialista 30 % tulee hakemateriaalin keräämisestä metsästä, 10 % kuljetuksesta ja 60 % poltosta ja muusta toiminnasta. (Giuntoli ym. 2015)

Tietokannassa maankäyttöpotentialiaali lasketaan hakkeelle suurimmaksi muihin polttoaineisiin verrattuna.

TURVE

- Luokitellaan Suomessa hitaasti uusiutuvaksi fossiiliseksi polttoaineeksi
- Elinkaarilaskennan työkalussa turve luokitellaan fossiiliseksi polttoaineeksi
- Turvesuon valinta ja loppukäyttötapa määrittää lopulliset arviointitulokset (= metaanipäästöt ja hiilensidontakyky)
- Suurin osa ilmaston lämpenemispotentiaalista (kgCO₂eq) tulee turpeen poltosta ja tuhkan käsittelystä. Noston ja kuljetuksen osuus sadasosa.
- Ilmastonlämpenemispotentiaali 1/100–1/20 koko ilmastonlämpenemisvaikutuksesta (Rantapirkola 2017, Seppälä 2010, Murphy 2015)

pH 5-6



Happamoittaa vesistöjä

Turvesuon käyttö



Vaikutukset maankäyttöön

Palaturve/
jyrsinturve



Hiukkaspäästöt

Turpeen poltto ja tuhkan käsittely



Ilmaston lämpenemispotentiaali

Tavoitteena on irtautua turpeen käytöstä ja siirtää turve toimitus- ja huoltovarmuuspolttoaineeksi

TUONTIPOLTTOAINEET

- Suurempi happamoittamis- ja rehevöittämisvaikutus kuin biopolttoaineilla
- Käytön vähentäminen pienentää vaikutusta fossiilisten polttoaineiden ehtymiseen, otsonin vaikutusta terveyteen ja rehevöitymisvaikutusta
- Toksisista vaikutuksista suurin osa aiheutuu öljystä
Hildén ym. 2008

Kivihiili

on polttoaineista epäpuhtaimpia. Se sisältää 0,5-2 prosenttia rikkiä sekä pieniä määriä raskasmetalleja. Kivihiilen energiakäyttö Suomessa loppuu vuoteen 2029 mennessä.

Maakaasu

on fossiilisista polttoaineista ympäristöä säästävin. Sen käytöstä ei aiheudu rikkipäästöjä eikä hiukkaspäästöjä. Maakaasun osuus eurooppalaisessa vähähiilisessä energiantuotannossa marginalisoituu vuoteen 2050 mennessä.

Öljyn

käyttö on erittäin pientä ja sitä käytetään lähinnä kovilla pakkasilla ja varapolttoaineena.

Tietokannassa öljylle lasketaan suurin potentiaali fossiilisten luonnonvarojen ehtymiseen

LÄMPÖLAITOSTEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSIA

Materiaali- ja energiatehokkuutta hiilijalanjäljen ja elinkaarikustannusten minimoimisella - Ilmastoidikaattori -hankkeessa vertailtiin kolmen eri lämpölaitoksen ympäristövaikutuksia kehdosta tehtaan portille.

Polttoaineet ovat osin erilaisia vertailtujen lämpölaitosten välillä. Näistä saatiin eri polttoaineiden vaikutusarvioinnin keskipisteindikaattorit absoluuttisina arvoina

	Öljy	Pelletit	Sahanpuru	Turve	Hake
Pienhiukkaset, kg PM2.5 eq	0,1249	0,0862	0,0022	0,0013	0,0103
Makean veden rehevöityminen, kg P eq	0,0419	0,0188	0,0009	0,0002	0,0039
Happamoituminen, kg SO ₂ eq	0,3700	0,1430	0,0049	0,0027	0,0243
Maankäyttö, m ² a crop eq	4,34	74,85	23,77	0,18	87,86
Fossiilisten luonnonvarojen ehtyminen, kg öljykv	101,7	8,4	0,4	35,7	2,5
Ilmastonmuutos, kg CO ₂ eq	42,63	28,32	1,41	1,93	7,78

Keskipisteindikaattoreiden absoluuttiset arvot polttoaineille tuotettaessa 1 MWh lämpöenergiaa

Merkintä E tarkoittaa eksponenttia, esimerkiksi 1,26E-8 tarkoittaa 1,26·10⁻⁸

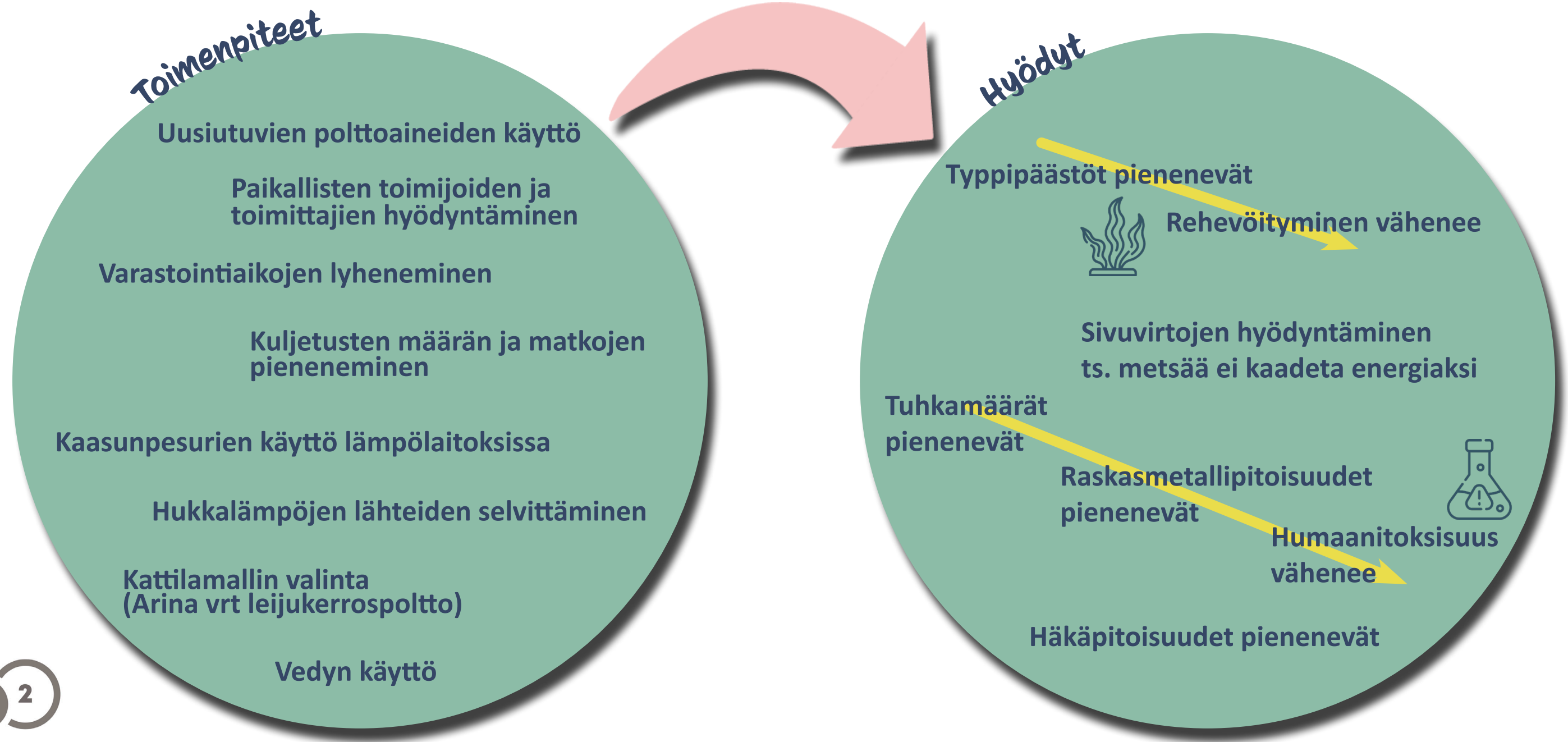
Maankäyttöindikaattori käyttäytyy samalla tavalla kuin fossiilisten luonnonvarojen vähenemistä kuvaava indikaattori

Polttoaineista kuori ja puru ovat ympäristövaikutuksiltaan parhaat, seuraavina turve, hake ja pelletit. Hakkeella on suurin maankäytön muutoksiin liittyvä ympäristövaikutuspotentiaali.

Öljyn jälkeen suurimmat ympäristövaikutukset on pelletillä.

Rehevöitymiseen vaikuttavat polttoaineiden typpipäästöt. Luonnontilaisten ympäristöjen tuotantokäyttöön ottaminen esim. turvesuota käyttämällä ja talousmetsää kaatamalla vaikuttavat puupolttoaineiden ja turpeen maankäytön vaikutuksiin.

LÄMMÖNTUOTANNON YMPÄRISTÖVAIKUTUKSIA PIENENTÄMINEN



TIEKARTAN TOTEUTUS

CENTRIA
ammattikorkeakoulu

Materiaali- ja energiatehokkuutta hiilijalanjäljen ja elinkaarikustannusten minimoimisella - ILMASTOINDIKAATTORI -hanke

<https://net.centria.fi/hanke/ilmastoindikaattori/>

Toteutusaika: 3/2021 - 5/2023

Rahoitus: Euroopan aluekehitysrahasto, Pohjois-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus



Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020