



**Euroopan unionin
osarahoittama**



**POHJOIS-
POHJANMAA**
COUNCIL OF OULU REGION



**Haapaveden-Siikalatvan
seutukunnan
kehittämiskeskus**



Haapaveden-Siikalatvan seutukunnan ekoenergia – toimintamalli maaseudun hybridiin uusiutuvaan energiaan (EKOENERGIA)

UUSIUTUVAN ENERGIAN ARVOKETJUT

Tiina Mattila, Joonas Rukajärvi ja Karoliina Mäki (Oulun ammattikorkeakoulu)



SISÄLTÖ

Mitä ovat uusiutuvan energian arvoketjut?

Biokaasun arvoketju

Aurinkoenergian arvoketju

Tuulivoiman arvoketju

Arvoketjujen vertailua

Yhteenveto

An aerial photograph of a rural farmstead. In the foreground, a large green barn has a roof covered in solar panels. To the left of the barn are three large green silos. Further back, there are several smaller buildings, a pond, and a wind turbine on a hill. The surrounding landscape consists of green fields and trees under a cloudy sky.

Mitä ovat uusiutuvan energian arvoketjut?

Arvoketjuissa on kyse raaka- aineen jalostumisesta

Arvoketjuissa on kyse raaka-
aineiden vähittäisestä
jalostumisesta kohti
lopullista tuotetta. Arvoketju
kuvaavaa koko prosessin
raaka-aineista ja
teknologiasta kulutukseen.



Miksi arvoketjut ovat tärkeitä?

Arvoketjujen tarkastelu auttaa hahmottamaan, missä prosessin vaiheissa syntyy arvoa ja esimerkiksi työllistäviä vaikutuksia.

Arvoketjujen avulla voidaan hahmottaa myös prosesseihin liittyviä kriittisiä vaiheita ja tunnistaa haasteita materiaalien ja toiminnan osalta. Arvoketjuja koskevan tarkastelun avulla voidaan hahmottaa myös esimerkiksi investointien kohdistamista ketjun eri vaiheisiin. Arvoketjujen tarkastelu tukee myös ilmasto-, ympäristö- ja kestävyystavoitteiden varmentamista ja edistämistä.

Uusiutuvan energian arvoketjut

Niin ikään uusiutuvan energian arvoketjut kattavat prosessit energialähteestä ja sen hyödyntämisestä loppukulutukseen saakka. Energian arvoketjuja kuvastaa nykymaailmassa hajautuminen ja sähköistyminen. Arvoketjuissa huomion arvoisia ovat teknologian kehitys, projektien suunnittelu, luvitus ja rakentaminen sekä energian tuotanto, varastointi, siirto, jakelu ja myynti.



An aerial photograph of a biogas plant situated in a rural landscape. The central focus is a long, green-roofed building with a large array of solar panels installed on its roof. To the left of the building, three large, cylindrical green storage tanks are visible. The surrounding area includes various agricultural fields, some of which are planted with corn. In the background, a white wind turbine stands prominently against a cloudy sky. The overall scene depicts a modern, sustainable agricultural facility.

Biokaasun arvoketju

Biokaasun arvoketjun muodostuminen

Biokaasun arvoketju koostuu syötteiden toimituksesta ja hankinnasta, prosessoinnista, koneistamisesta, kokoonpanosta, rakentamisesta, kuljetuksista, kaasun valmistuksesta, jalostuksesta, mädätteen levityksestä, suunnittelusta, ohjelmoinnista, huolloista.



Biokaasun arvoketjun alkuvaiheet

Biokaasun arvoketjuun kuuluu orgaanisten raaka-aineiden, kuten maatalouden sivuvirtojen, biojätteiden ja lietteiden keräämistä ja kuljetusta biokaasulaitokselle. Laitoksessa biomassa käsitellään anaerobisessa mädätyksessä, jossa mikrobit hajottavat aineksen hapettomissa olosuhteissa tuottaen biokaasua sekä ravinnepitoista mädätysjäännöstä.



Biokaasun hyödyntäminen ja lopputuotteet

Biokaasua voidaan käyttää sähkön, lämmön ja liikennepolttoaineen tuottamiseen. Maatalouden sivuvirroista saatava mädätysjäännös voidaan hyödyntää lannoitteena maataloudessa.



Biokaasun arvoketjuun liittyvät toimijat

Biokaasun arvoketjuun kuuluvat syötteiden toimittajat, kuten elintarviketeollisuuden toimijat, yhdyskunnat ja maatilat. Arvoketjuun kuuluvat olennaisesti biokaasun tuottajat ja laitostoimijat. Lisäksi olennaisia toimijoita arvoketjussa ovat laitosten rakentamiseen, suunnitteluun ja huoltoon erikoistuneet toimijat. Myös logistiikkaan (raskas liikenne) ja jakeluun (putkistot tankkausasemat) liittyvät toimijat ovat olennaisia. Biokaasun ja jalosteiden loppukäyttäjiä ovat muun muassa teollisuus ja lämmöntuotanto, raskas liikenne sekä henkilöautoilijat.

An aerial photograph of a farm complex. In the foreground, a large green barn has a roof covered in solar panels. To the left of the barn are three large green silos. In the background, there is a farmstead with various buildings, a pond, and a large wind turbine on a hill. The surrounding landscape consists of green fields and trees under a cloudy sky.

Aurinkoenergian arvoketju

Aurinkoenergian arvoketjun muodostuminen

Arvoketju muodostuu raaka-
aineiden louhinnasta,
prosessoinnista, komponenttien
valmistuksesta, koneistamisesta,
kokoonpanosta, kuljettamisesta,
suunnittelusta,
hankekehityksestä, asennuksesta,
operoinnista, huolloista,
ohjelmoinnista, tutkimuksesta,
kehityksestä, sähkön myynnistä ja
elinkaaren lopuksi kierrättämällä
uudeksi tuotteeksi.



Huomioita aurinkoenergian elinkaaresta

Aurinkoenergian arvoketju alkaa raaka-aineiden tuotannosta ja jalostuksesta aurinkokennoiksi ja -paneeleiksi. Alkuvaiheeseen liittyy myös muiden komponenttien valmistus. Paneelit valmistetaan teollisesti ja toimitetaan asennuskohteisiin, joissa ne integroidaan osaksi energiantuotantojärjestelmää.

Auringosta saadaan muun muassa sähköä ja lämpöä.

Aurinkoenergia on yleensä kannattavinta hyödyntää suoraan kulutuskohteessa. Elinkaaren lopussa paneelit ja komponentit on tärkeää kierrättää.

Aurinkoenergian arvoketjuun liittyvät toimijat

Aurinkoenergian arvoketjuun liittyvät paneelivalmistajat, inverttereiden ja muiden komponenttien valmistajat, akustojen valmistajat, maahantuojat, tukkuliikkeet ja muut jakelijat. Niin ikään aurinkosähköasentajat, urakoitsijat ja suunnittelutoimistot ovat olennainen osa aurinkoenergian arvoketjun alkupäätä. Sähköyhtiöt, energiayhtiöt ja verkkoyhtiöt ovat tärkeitä jakelun kannalta. Myös maanomistajat, kunnat ja viranomaiset ovat tärkeitä arvoketjuun liittyviä toimijoita.

An aerial photograph of a farm complex. In the foreground, a long green barn has a large array of solar panels installed on its roof. To the left of the barn, there are three large green silos. In the middle ground, there is a farmstead with several buildings, a large blue tarp-covered area, and a small pond. In the background, a white wind turbine stands on a hill. The surrounding landscape consists of green fields and trees under a cloudy sky.

Tuulivoiman arvoketju

Tuulivoiman arvoketjun alkupuoli

Tuulivoiman arvoketjuun kuuluu kehitys, suunnittelu, voimaloiden valmistus ja hankinta, rakentaminen, käyttö ja ylläpito, huolto, purku ja kierrätys. Kehitykseen ja suunnitteluun kuuluvia vaiheita ovat muun muassa esiselvitys, tuulimittaukset, maanvuokrasopimusten neuvottelu, kaavoitus, ympäristövaikutusten arviointi sekä rakennuslupien hankinta.



Tuulivoiman arvoketjussa rakentaminen on suuressa roolissa

Komponenttien valmistus, logistiikka ja hankinta ovat myös olennainen osa arvoketjua. Arvoketjussa rakentaminen näyttelee myös suurta roolia, sillä infrastruktuuri, perustukset, kaapelointi, voimaloiden pystytys ja sähköasemat vaativat erityisosaamista. Tuotanto, huolto, kunnossapito ja sähkönsiirto muodostavat niin ikään tärkeän osan arvoketjussa. Voimaloiden elinkaaren päättyessä voimalat tulee purkaa ja kierrättää, mikäli niitä ei hyödynnetä uudelleen.

An aerial photograph of a farm complex. In the foreground, a long, green-roofed building is covered with solar panels. To its left, three large, cylindrical silos stand on a concrete pad. The farm is surrounded by lush green cornfields and other agricultural land. In the background, a white wind turbine is visible on a hill. The sky is overcast with grey clouds. The text "Arvoketjujen vertailua" is overlaid in white on the center of the image.

Arvoketjujen vertailua

Arvoketjujen vertailu

Arvoketjujen vertailussa huomioitu käytönaikainen arvoketju (ei sisällä osien valmistusta ja rakentamista)

tuotantomuoto	biokaasu	aurinkoenergia	tuulivoima
syötteen	porttimaksullista, ilmaista, maksullista	ilmainen	ilmainen
logistiikka	jatkuvaa	ei käytännössä	ei käytännössä
huoltotarve	korkea	matala	kohtalainen
sääriippuvuus	välillinen	suora	suora
ohjattavuus	kohtalainen	heikko	heikko
sivutuotteet	lannoite	ei	ei
varastointi	kaasuna	akkuun	akkuun

Eri tuotantomuotojen investointikustannusten (CAPEX) vertailua

CAPEX-arvo kuvastaa investointikustannuksia. Luvut ovat suuntaa antavia ja ajantasaisin investointikustannus saadaan aina tarjousten perusteella. Tarkoituksena tuoda esille eri energian lähteiden eroja. Biovoiman (biokaasun) hintahaarukka on laajempi koska tekniikoita ja toteutustapoja on useita.

Teknologia	Investointi €/kW	Käyttöaste	Käyttöikä vuosi	CAPEX €/MWh/a	Elinkaari €/MWh
Aurinkovoima	700–900	0.13	30	614–790	20–26
Tuulivoima	1200–1500	0.38	30	360–450	12–15
Biovoima	1000–3000	0.75	30	228–456	8–15

Eri tuotantomuotojen ylläpitokustannusten (OPEX) vertailua

OPEX-arvo kuvastaa ylläpitokustannuksia, juoksevia kustannuksia. Kustannukset ovat tapauskohtaisia riippuen sijainnista ja laitteiden toimivuudesta ja muun muassa siitä syystä arvot ovat suuntaa antavia.

Aurinkovoimalla ylläpitokustannukset ovat hyvin matalat (5–10 €/MWh), tuulivoimalla ylläpitokustannukset ovat myös matalat (8–15 €/MWh). Biokaasulaitoksen ylläpitokustannukset sen sijaan ovat hyvin vaihtelevat (20–80 €/MWh).

Kannattavuustarkastelua

CAPEX- ja OPEX-arvojen avulla voidaan tarkastella kannattavuutta karkeasti. Pörssisähkön hintana on käytetty 50 €/MWh (2025 vuoden keskiarvo). Lämmön hintana 100 €/MWh (vaihteluväli suurta sijainnista riippuen), kaasun hintana 60 €/MWh. Mädätteen hinta laskettiin typpi+fosfori+kalium.

Tekniikka	CAPEX+OPEX (tuotanto)	Pörssisähkö-tuotanto €/MWh	Lämpö - tuotanto €/MWh	Kaasu - tuotanto €/MWh	Sivutuote (määdäte) €/MWh
Aurinkovoima	-25 / -36	+14 / +25	X	X	X
Tuulivoima	-20 / - 30	+20 / +30	X	X	X
Biovoima	-28 / -95	-45 / +22	+5 / +72	-35 / +32	+ 50

Yhteenveto

An aerial photograph of a farm complex. In the foreground, a large green barn is covered with solar panels. To the left of the barn, there are three large green silos. In the middle ground, there is a pond and a cluster of farm buildings, including a red brick house and several smaller structures. To the right, a large white wind turbine stands on a hill. The background shows rolling green hills and fields under a cloudy sky.

Huomioita arvoketjuista

Aurinko- ja tuulivoimalla arvoketjut ovat hyvin samankaltaisia. Rakentamisen jälkeen laitteistolle ei tarvitse kuljettaa polttoainetta, vaan ne hyödyntävät sään ilmiötä energiantuotantoon. Tällöin käytönaikana laitteistot työllistävät sähköä myyviä operaattoreita sekä huoltohenkilöitä. Energiantuotannon näkökulmasta biokaasu on monipuolisin ja samalla monimutkaisin kokonaisuus tarkastelluista arvoketjuista.

Biokaasulaitoksen ylläpito on monimutkaisempaa. Laitokseen täytyy syöttää jatkuvasti biomassaa. Laitoskoosta ja hyödynnettävistä syötteistä riippuen välimatkat voivat olla pitkiäkin. Laitoksessa on paljon liikkuvia osia, jotka tarvitsevat huoltoa. Syötepooli voi vaihdella, jolloin toimintaa täytyy seurata. Lisäksi mädätejäännös kuljetetaan syötteestä riippuen loppusijoitettavaksi tai takaisin pellolle.

Lähteitä

Lämmön hintatilastoja:

<https://energia.fi/tilastot/kaukolammon-hintatilasto/>

Kaasun hintatilastoja:

<https://www.ice.com/products/27996665/Dutch-TTF-Natural-Gas-Futures/data?marketId=5815810>

Kuvalähteet: Pixabay