



Tutkimuksen ja koulutuksen välisen kuilun kurominen umpeen kiertotaloudessa

Oppimateriaalia kiertotalouden tuomiseksi luokkahuoneisiin Itämeren alueella ja sen ulkopuolella.

Interreg
Baltic Sea Region



Co-funded by
the European Union



CIRCULAR ECONOMY

BREC



Tässä kirjasessa tutustumme biotalouden käsitteeseen ja eri teknologioihin, joilla voidaan hyödyntää jätteitä tai sivutuotteita ensisijaisesti maataloudesta, mutta myös vesiviljelystä ja metsätaloudesta. Kirjasessa käsitellään myös vihreän sektorin innovaation haasteita, politiikkaa ja teknologioiden ilmastohyötyjä. Tämän kirjasen tarkoituksena on tarjota opettajille materiaalia, jota voidaan käyttää luokahuoneissa ja opetuksessa, auttaen kouluttamaan uusia työntekijöitä vihreälle sektorille ja nopeuttamaan siirtymistä hiilineutraaliin yhteiskuntaan.

Tutkimusryhmä ja opettajaviiteryhmä:

Araldsen, Tord (Norja), Brønneck, Birgitte (Norja), Edström, Mats (Ruotsi), Fischer, Erik (Ruotsi/Saksa), Fostad, Karen-Marie (Norja), Foth, Sebastian (Saksa), Ghalibaf, Maryam (Suomi), Gunnarsson, Carina (Ruotsi), Honkanen, Anne (Suomi), Laaksonen, Ilmari (Suomi), Laurell, Carina (Ruotsi), Levins, Indulis (Latvia), Lundervold, Amalie (Norja), Sollihagen, Selma (Norja), Stuparu, Adelina (Ruotsi), Vircava, Ilze (Latvia)

Sisältöä

Tausta	5
Oppimistavoitteet	6
Osa I: Biotalous perusteet	7
Terminologia	7
Biotalous	8
Lineaarinen vs. Kiertotalous.....	9
Lineaaritalous.....	9
Kiertotalous.....	9
Ero lineaarisen ja kiertotalouden välillä.....	9
Lineaarinen bioekonomia	9
Biokierrätys.....	10
Kaskadivaikutukset.....	11
Biotalousarvohierarkiapyramidi	11
Osa II: Teknologiat ja haasteet	12
Kiertomaatalous – askel eteenpäin	12
Ympäristöystävällinen metsätalous	14
Biojalostus	15
Teknologiat kierrätysbiotalouden saavuttamiseksi	16
Lannan kuivaaminen	16
Esikäsittely selluloosapitoiselle materiaalille.....	18
Biokaasun tuotanto - Anaerobinen mädätys	20
Orgaanisten lannoitteiden jalostaminen	26
Pyrolyysi	29
Kaasutus.....	32
Proteiinien uutto.....	34
Fosforin talteenotto	36
Typen talteenotto	38
Osa II: Toteutus ja ratkaisut	40
Keskeiset haasteet innovaatiolle ja luomistyölle.....	40
Teknologian kehittäminen	40
Markkinoiden ja talouden epävarmuus.....	40
Kestävyys ja ympäristövaikutukset	41
Poliittiset ja sääntelyyn liittyvät kehitykset.....	41

Maailmanlaajuinen ja eurooppalainen politiikka	41
Bioekonomian vaikutukset yhteiskuntaan ja ympäristöön.....	42
Biokaasun ja bio-lannoitteen ilmastohyödyt:	43
Positiivinen vaikutus tuotannon kasvaessa:	44
Lisämahdollisuuksia biotaloudessa	45
Viiteluettelo	47
Kiitos.....	48

Tausta

BREC hanke yhdistää maatalouskouluja, viranomaisia ja tutkijoita levittääkseen kiertotalouden maatalouskäytäntöjä toimijoiden keskuudessa ja pilotoidakseen teknologioita, jotka edistävät kiertotaloutta.

Interreg-hanke "Bridging the Gap between Research and Education in the Circular Bioeconomy" (BREC) oli omistautunut ratkaisemaan haasteita, jotka liittyvät siirtymään lineaaritaloudesta kiertotalouteen. Maataloussektorilla on tapahtunut laajaa teknologista kehitystä, mikä on johtanut ilmiöön, jota kutsutaan "analyysihalvaukseksi". Tämä ilmiö tapahtuu, kun useita uusia teknologioita otetaan käyttöön samaan aikaan, mikä luo dilemman tehokkaassa päätöksenteossa. BREC tunnisti useita keskeisiä teknologioita – kuten biokaasun tuotanto, proteiinien erottelu, fosforin erottaminen, typen rikastaminen, biohiilen tuotanto ja niiden mukana tulevat esikäsittely- ja jälkikäsittelyprosessit – jotka ovat keskeisiä siirryttäessä kohti kiertotaloutta.

Työn tavoitteena oli luoda tietopankki, jossa on hyviä esimerkkejä siitä, kuinka erilaiset teknologiat voivat tehokkaasti ratkaista maatalouden haasteita. Tämä tietopankki voi toimia kattavana apuvälineenä, josta on hyötyä maatalousoppilaitoksille seuraavan sukupolven viljelijöiden kouluttamisessa ja joka hyödyttää jopa kokeneita ammattilaisia, neuvonantajia ja viljelijäyhdistyksiä.

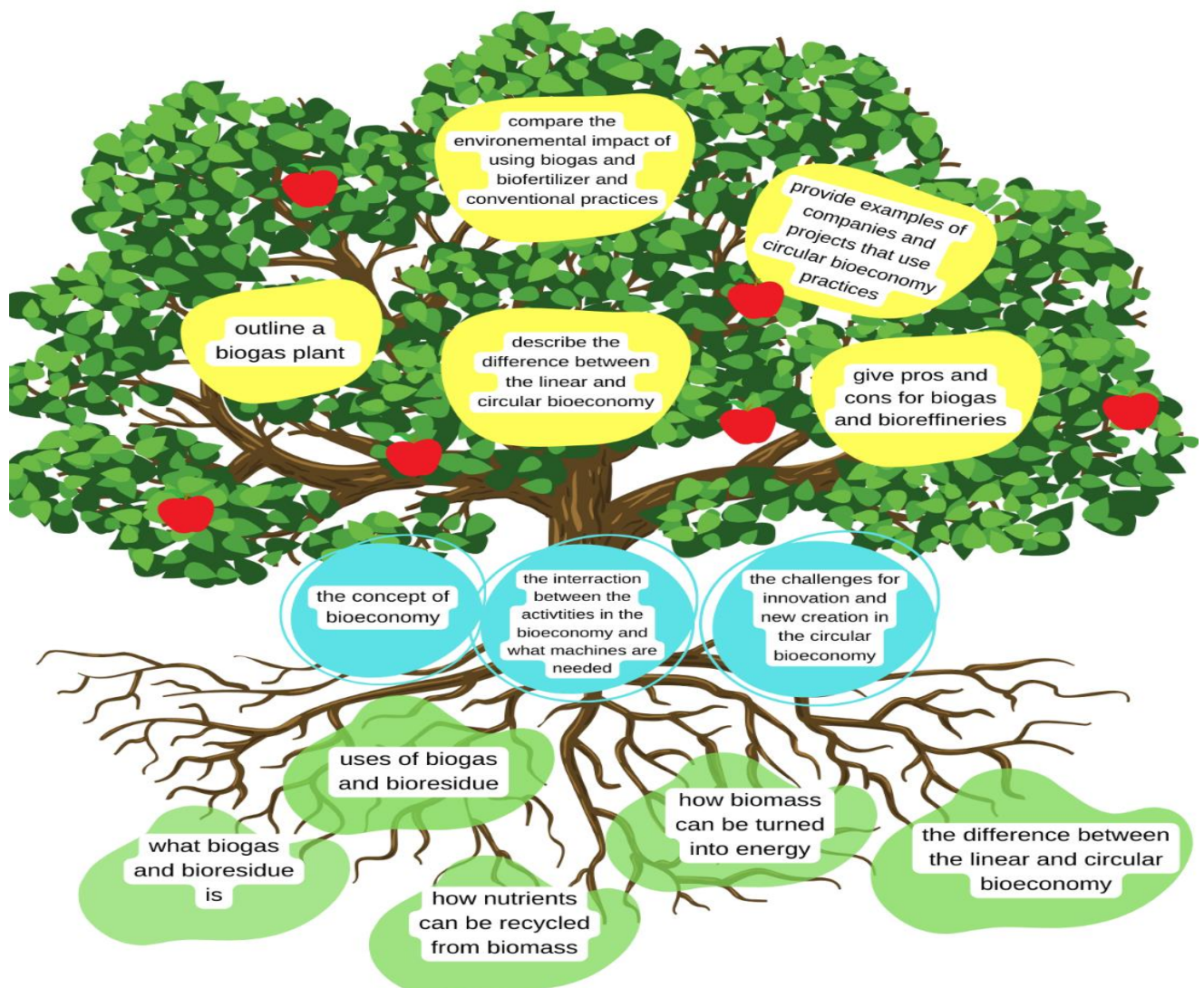
Uskomme, että levittämällä tietoa ja jakamalla ensikäden kokemuksia uusista teknologioista, yhteiskunnat voivat lieventää analyysihalvauksen haasteita. Uusien viljelijäsukupolvien tutustuttaminen uusiin teknologioihin on tämän aloitteen keskeinen tavoite. Tavoitteemme on, että maatalouskoulut ympäri Eurooppaa voivat osoittaa, mitä kiertotalous tarkoittaa käytännössä.

Oppimistavoitteet

BRECin oppimistavoitteet kehitettiin opettajien viiteryhmän toimesta keväällä 2023, ja ne hahmottelevat, mitä opiskelijoiden tulisi saavuttaa ohjelman aikana. Oppimisen viitekehystä symboloi puu, joka edustaa tietämyksen kasvua, jonka opiskelijat saavuttavat.

- Puun juuret symboloivat perustietoa, jonka opiskelijoiden odotetaan omaksuvan.
- Runko edustaa ydinaiheita, jotka opiskelijoiden tulee ymmärtää perusteellisesti.
- Latvus kuvaa taitoja ja kykyjä, joita opiskelijoille pitäisi kehittyä, sekä osoittaa, mitä heidän pitäisi pystyä tekemään biotalouden oppitunnin jälkeen.

Oppimistavoitteet ja oppituntisuunnitelmat ovat joustavia ja niitä voidaan mukauttaa yksilöllisiin tarpeisiin. Kattava oppituntipaketti voidaan toteuttaa kokonaisuutena tai räätälöidä sopimaan eri kursseihin ja opetussuunnitelmiin.



Osa I: Biotalousden perusteet

Terminologia



Bio-based

BASED ON BIOLOGICAL MATERIALS, ESPECIALLY AGRICULTURE OR FOREST RESOURCES.



Circular bioeconomy

CLOSING THE RESOURCE LOOP AND RECYCLING, REPURPOSING BIOLOGICAL RESOURCES.



Organic fertilizer

OF ORGANIC ORIGIN, CONTAINING PLANT NUTRIENT, CARBON AND SOMETIMES LIVE MICROORGANISMS



Biomass

MATERIAL THAT COMES FROM LIVING OR RECENTLY LIVING ORGANISMS, WHICH CAN BE USED AS A RENEWABLE SOURCE OF ENERGY. BIOMASS CAN BE CONVERTED INTO VARIOUS FORMS OF ENERGY, SUCH AS HEAT, ELECTRICITY OR BIOFUELS. AS AN ENERGY SOURCE, BIOMASS IS RENEWABLE AS IT CAN BE REPLENISHED NATURALLY OVER TIME.



Biochar

A TYPE OF BIOMASS THAT IS USED TO IMPROVE SOIL PROPERTIES, RESEMBLING CHARCOAL.



Biodiesel

A RENEWABLE TYPE OF FUEL DERIVED FROM PLANTS AND ANIMALS SUCH AS VEGETABLE FATS OR GREASE TO BE USED IN DIESEL ENGINES.



Blue bioeconomy

AN ECONOMIC TERM RELATED TO THE EXPLOITATION, PRESERVATION, AND REGENERATION OF THE MARINE ENVIRONMENT.



Carbon footprint

THE AMOUNT OF GREENHOUSE GASES RELEASED INTO THE ENVIRONMENT BY AN ACTIVITY, GROUP, PROCESS, OR INDIVIDUAL, USUALLY MEASURED IN KILOGRAMS OF CARBON DIOXIDE.



Bioplastics

A BIOBASED AND/OR BIODEGRADABLE PRODUCT MADE FROM RENEWABLE PLANT SOURCES, AS OPPOSED TO PETROLEUM.



Biogas

A MIXTURE OF METHANE AND CARBON DIOXIDE, PRODUCED BY BACTERIAL DEGRADATION OF ORGANIC MATTER, OFTEN USED AS FUEL, HEAT OR FOR ENERGY PURPOSES OTHERWISE.



Emissions

A SUBSTANCE DISCHARGED INTO THE AIR, USUALLY BY AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE.



Bio-methane (RNG)

ALSO KNOWN AS RENEWABLE NATURAL GAS IS A BIOGAS THAT HAS BEEN UPGRADED TO A QUALITY SIMILAR TO FOSSIL NATURAL GAS AND HAS A METHANE CONCENTRATION OF 90% OR HIGHER. IT IS OBTAINED BY REMOVING CO₂ AND OTHER IMPURITIES FROM BIOGAS.



Biorefinery

A REFINERY THAT CONVERTS BIOMASS TO ENERGY AND OTHER BENEFICIAL BY-PRODUCTS (SUCH AS CHEMICALS).

Biotalous

Biotalous on talousmalli, jossa materiaalit, kemikaalit ja energia ovat peräisin uusiutuvista biopohjaisista raaka-aineista.

Oppilaiden innostamiseksi tutkimaan biotalouden määritelmää tarkemmin voidaan käyttää vuorovaikutteista harjoitusta. Kirjoita valkotaulun keskelle termi "biotalous". Pyydä opiskelijoita miettimään erilaisia käsitteitä, prosesseja ja toimintoja, jotka voisivat liittyä tähän termiin. Vastaukset kirjoitetaan termin ympärille, jolloin sen ympärille muodostuu "sanapilvi". Harjoituksen viemiseksi pidemmälle, sanapilveä voidaan käyttää bingo tyyppisenä harjoituksena.

Ylläolevasta linkistä löytyy videosittely oppilaille, mitä voidaan käyttää johdantona aiheeseen ensimmäiselle oppitunnille. Videon aikana voitte rastia sanapilvestä opiskelijoiden keksimiä sanoja. Rastasitteko pilvestä vähintään kuusi sanaa?

Toinen harjoitus voisi olla pohdintaa uudesta tiedosta. Onko biotalous sitä, mitä odotit? Oliko siinä jotain yllättävää, mitä olemme tähän mennessä oppineet? Jos oli, niin mitä? Jos ei, selvästi luokan täytyy syventyä aiheeseen lisää ja tutkia biotalouteen liittyvää tietoa tarkemmin.

Lineaarisella biotaloudella tarkoitetaan orgaanisten materiaalien, kuten kasvien tai eläinten, tuotantoa elintarvikkeiksi, rehuksi tai muiksi tuotteiksi ottamatta huomioon näiden materiaalien luonnollista uusiutumiskykyä. Lisäksi tuotantoprosessin sivutuotteita, kuten eläinten lantaa, ei usein käytetä uudelleen tai hyödynnetä tehokkaasti. Tämä tehottomuus voi johtaa arvokkaiden ravinteiden ja orgaanisen aineksen häviämiseen, mikä taas voi johtaa ympäristöongelmiin, kuten saastumiseen ja rehevöitymiseen.



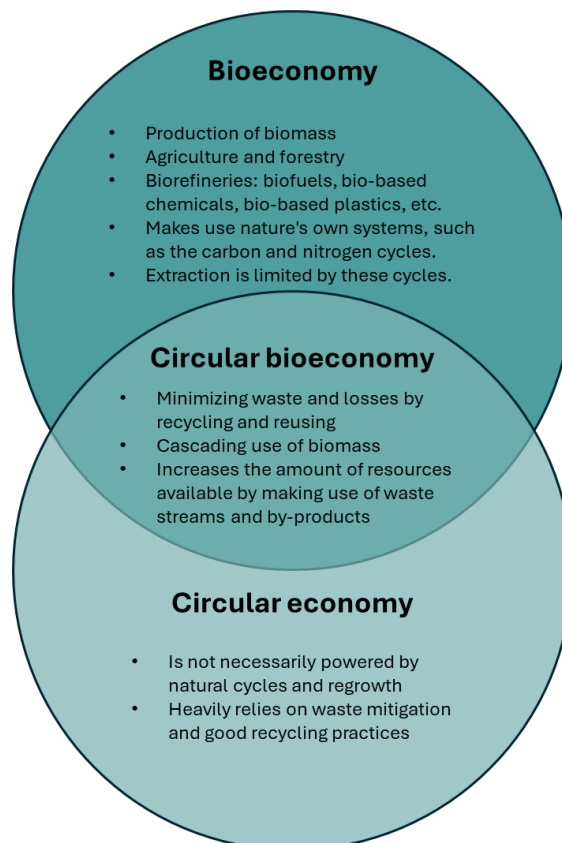
Lineaarinen vs. Kiertotalous

Lineaaritalous

Linearisessa taloudessa tuotanto ja kulutus noudattavat suoraviivaista mallia, jossa tuotteet valmistetaan, käytetään ja sitten hylätään jätteenä (Miljødirektoratet, 2022). Jätteiden uudelleenkäyttöön, kierrätykseen tai uudelleenkäyttöön on panostettu vain vähän. Luonnonvarat louhitaan, kulutetaan ja loppujen lopuksi poltetaan tai sijoitetaan kaatopaikoille. Tämä malli keskittyy ensisijaisesti talouskasvuun ja tuotantoon huomioimatta riittävästi ympäristöön ja yhteiskuntaan kohdistuvia seurauksia.

Kiertotalous

Kiertotaloudessa resurssit nähdään osana jatkuvaa virtausta, jossa materiaaleja ja tuotteita käytetään, kerätään talteen ja kierrätetään suljetun kierron luomiseksi (Miljødirektoratet, 2022). Tavoitteena on minimoida jätteiden ja resurssien hävikkiä uudelleenkäyttämisen, korjaamisen ja kierrätyksen kaltaisilla käytännöillä. Tämä malli korostaa tuotteiden ja materiaalien arvon säilyttämistä mahdollisimman pitkään suunnittelemalla ne kestäviksi, korjattaviksi ja kierrätettäviksi. Se edistää myös palveluiden jakamista yksittäisen omistamisen sijaan, mikä vähentää tarvittavien tuotteiden kokonaismäärää. Kiertotalous edistää kestäväää ja resurssitehokasta järjestelmää ottaen huomioon ympäristö- ja yhteiskunnalliset seuraukset.



Ero lineaarisen ja kiertotalouden välillä

Lineaarisen ja kiertotalouden keskeinen ero on niiden lähestymistapa resurssien käyttöön ja jätehuoltoon. Linearisessa taloudessa resurssit kulkevat suoraviivaisesti tuotannosta hävitettäväksi, mikä johtaa usein hävikkiin. Kiertotaloudessa sen sijaan pyritään luomaan suljettu järjestelmä, jossa materiaaleja ja tuotteita otetaan jatkuvasti talteen, uudelleenkäytetään ja kierrätetään, täten minimoimalla jäte ja maksimoimalla resurssitehokkuus (Miljødirektoratet, 2022).

Lineaarinen bioekonomia

Linearisessa biotaloudessa tuotanto ja kulutus noudattavat lineaarista mallia, jossa orgaanista materiaalia käytetään raaka-aineena hyödykkeiden, energian tai kemikaalien tuottamiseen. Käytön jälkeen orgaaninen materiaali hylätään jätteenä ilman kierrätystä tai uudelleenkäyttöä. Sen sijaan, että olemassa olevaa orgaanista materiaalia uusiokäytettäisiin, uutta orgaanista materiaalia toimitetaan luonnosta tuotantoon usein huomioimatta luonnollista uusiutumista. Lineaarisen

biotalouden painopiste on pääasiassa talouskasvussa ja orgaanisten materiaalien hyödyntämisen eduissa, ottamatta riittävästi huomioon ympäristöllisiä- ja yhteiskunnallisia seurauksia.

Esimerkki lineaarisesta bioekonomiasta on naudanlihantuotanto Brasiliassa, jossa karjankasvatus johtaa metsien hävittämiseen uusien laidunmaiden etsimisessä (Reis, T., Zu Ermgassen, E., & Pereira, O. 2023). Toinen esimerkki on liikakalastus: arviolta 34 prosenttia kalakannoista on liikakalastettu, mikä johtaa kalakantojen vähenemiseen (Ritchie ja Roser 2021). Kolmas esimerkki on merellä tapahtuva kalanviljely, jossa lähes kaikki kalajäte (kalan ulosteet ja syömättä jäänyt rehu) päätyy suoraan ympäröivään veteen ja ekosysteemiin (Spilling, 2016).

Biokierratotalous

Toisin kuin lineaarinen biotalous, biokierratotalous käsittelee biologisia resursseja jatkuvana virtana. Orgaaninen materiaali, sivutuotteet ja ravinteet kerätään, käytetään, talteenotetaan ja kierrätetään siten, että syntyy loputon materiaalin kiertokulku. Tavoitteena on tyydyttää yhteiskunnan materiaalien ja energian tarve ylittämättä planeettamme kapasiteettia. Fotosynteesillä on suuri merkitys kiertävässä biotaloudessa, sillä se on moottori, joka pitää hiilen kierron käynnissä.

Resurssien hallinnan optimointi kiertävän biotalouden periaatteiden mukaisesti voi olla melko vaikeaa, koska tarvitsemme syvällistä tietoa luonnon rajoista ja nykytieto perustuu usein lineaarisesta taloudesta saatuihin kokemuksiin. Biokierratotalouden piirissä biologinen jäte, kuten jätevesi, ruokajäte ja puu, voidaan kierrättää. Ratkaisuja ovat esimerkiksi ravinteiden palauttaminen kompostoinnin avulla tai ravinteiden ja energian talteenotto biokaasulaitosten kautta.

Biokierratotalouden käytännöt, kuten jätteistä peräisin olevien orgaanisten lannoitteiden ja maanparannusaineiden käyttö, tarjoavat sekä mahdollisuuksia että haasteita. Vaikka näillä käytännöillä pyritään sulkemaan resurssikiertoja ja vähentämään jätettä, niin niihin liittyy myös riskejä, joita on hallittava tarkasti.

Keskeisiä huolenaiheita ovat muun muassa seuraavat:

- **Mikromuovit:** Jätevirrat sisältävät usein muovihiukkasia, jotka voivat säilyä ympäristössä.
- **Kemialliset saasteet:** Teollisuus- ja kotitalousjätteet voivat kuljettaa haitallisia kemikaaleja lannoitteisiin.
- **Patogeenit:** Orgaaninen jäte voi sisältää taudinaiheuttajia, jotka voivat uhata ihmisten ja kasvien terveyttä.
- **Raskasmetallit:** Tietyt jätevirrat voivat sisältää kohonneita metallipitoisuuksia, jotka voivat ajan mittaan kertyä maaperään.

Näiden riskien vähentämiseksi monilla alueilla on otettu käyttöön sääntelykehyksiä, jotka tyypillisesti sisältävät:

- Saastemäärien tiukat raja-arvot
- Pakolliset käsittelyprosessit patogeenikuormien vähentämiseksi
- Käyttörajoitukset riippuen viljelykasvityypistä ja maankäytöstä
- Säännölliset testaus- ja laadunvarmistusprotokollat

Vaikka nämä toimenpiteet pyrkivät varmistamaan jätteistä peräisin olevien tuotteiden turvallisen käytön, skeptisyyttä esiintyy edelleen joidenkin sidosryhmien keskuudessa. Kriitikot väittävät, että:

- Toistuvan käytön pitkäaikaisia vaikutuksia ei täysin ymmärretä
- Tiettyjä kontaminantteja, kuten uusia epäpuhtauksia tai nanomateriaaleja, ei ehkä käsitellä riittävästi nykyisissä säädöksissä.
- Soveltamisen valvonta ja seuranta voivat olla haastavia erityisesti alueilla, joilla resurssit ovat rajalliset.

Haasteista huolimatta biokiertoalouden käytäntöjen kannattajat väittävät, että edut ylittävät riskit, kun asianmukaiset varotoimet otetaan huomioon. He viittaavat onnistuneisiin toteutuksiin eri maissa ja potentiaaliin, että nämä käytännöt voivat vähentää riippuvuutta synteettisistä lannoitteista, minimoida jätteen syntyä ja parantaa maaperän terveyttä.

Käynnissä olevat tutkimukset ja teknologiset edistysaskeleet keskittyvät parantamaan havaitsemismenetelmiä, kehittämään tehokkaampia käsittelyprosesseja ja lisäämään ymmärrystämme näiden käytäntöjen pitkäaikaisista vaikutuksista maaperän ekosysteemeihin ja elintarviketurvallisuuteen.

Jäteperäisten biolannoitteiden ja maanparannusaineiden menestyksenkäs ja turvallinen käyttö edellyttää loppujen lopuksi tasapainoista lähestymistapaa, jossa yhdistyvät tiukka tieteellinen arviointi, mukautuva sääntely sekä sidosryhmien jatkuva osallistuminen huolenaiheiden ratkaisemiseksi ja hyötyjen optimoimiseksi.

Kaskadivaikutukset

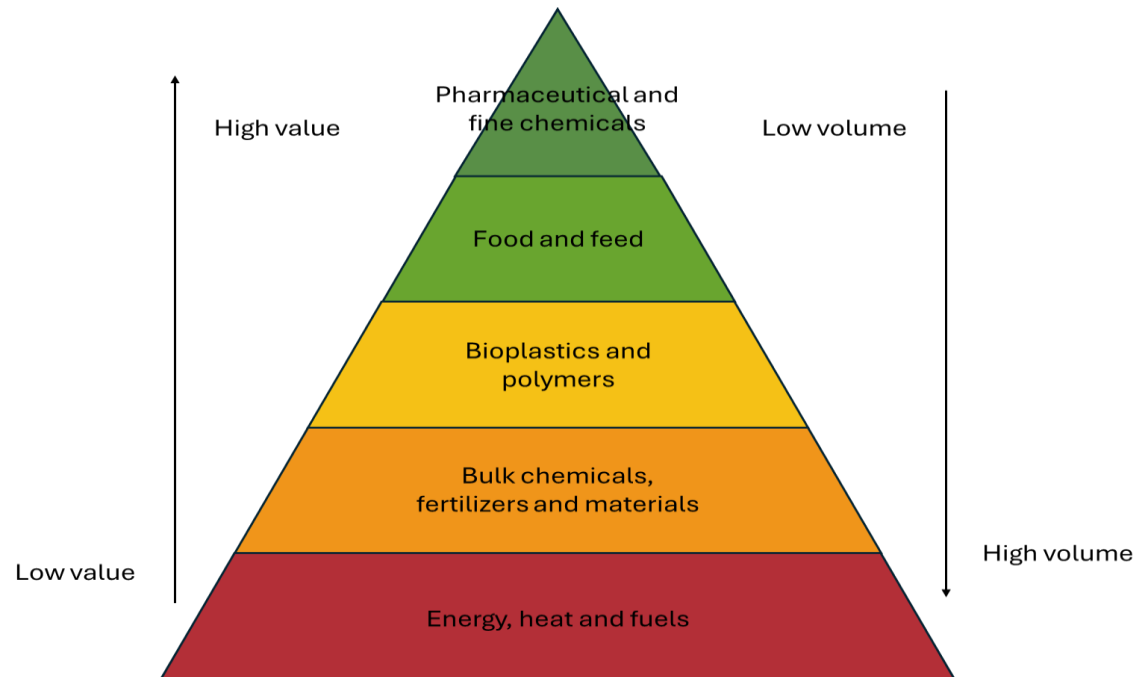
Kaskadivaikutuksilla on tärkeä rooli biotaloudessa, ja ne ovat keskeinen periaate biologisten resurssien kestävä käytön saavuttamisessa. Tämä periaate perustuu siihen, että orgaanisten materiaalien jäännökset ja jätteiden osat hyödynnetään hierarkkisessa järjestyksessä siten, että ensin otetaan talteen arvokkaimmat osat ja jäljelle jääneet osat käytetään muihin, vähemmän arvokkaisiin tarkoituksiin. Esimerkkinä tästä on biotalouden jätteen hyödyntämisen pyramidimalli.

Biotalousarvohierarkiapyramidi

"Biotalousarvohierarkiapyramidi" edustaa hierarkkista rakennetta resurssien hyödyntämiselle biotaloudessa (Stegmann, Londo, & Junginger, 2020). Malli kuvaa, kuinka biomateriaali käy läpi useita hyödyntämisvaiheita, joissa ensin otetaan talteen korkean arvon tuotteet ennen siirtymistä matalamman arvon tuotteisiin. Pyramidista nähdään, että sen huipulla sijaitsevat biokemikaalien ja lääkkeiden tuotanto, jonka volyyymi on pieni mutta taloudellinen arvo suuri. Nämä arvokkaat tuotteet ovat tärkeitä sekä terveysalalle että muille korkean teknologian sovelluksille. Tämän prosessin jäännökset voidaan käyttää esimerkiksi ruoan ja rehun tuotantoon. Lopulta, kun resursseja ei voida enää tehokkaasti hyödyntää muihin tarkoituksiin, ne voidaan käyttää energian tuotantoon, mikä vaatii suuria biomassamääriä.

Jätteen hyödyntämisen pyramidi varmistaa, että orgaaninen materiaali käytetään optimaalisesti ja että arvokkaat resurssit hyödynnetään ennen kuin ne ohjataan vähemmän arvokkaisiin tarkoituksiin. Tämä edistää tehokkaampaa ja kiertotalouden periaatteita noudattavaa biotaloutta.

Osa II:



Biotalouden arvohierarkiapyramidi esittää biologisista resursseista saatavat erilaiset tuotteet ja niiden järjestyksen arvon ja volyymin mukaan.

Teknologiat ja haasteet

Kiertomaatalous – askel eteenpäin

Kiertomaatalous tarkoittaa resurssien uudelleenkäyttöä ja optimointia jätteen minimoimiseksi. Sen sijaan, että noudatettaisiin lineaarista "ota-valmista-hävitä" -mallia, kiertomaatalous edistää resurssitehokkuutta, kestävyttä ja resilienssiä.

Keskeiset periaatteet:

- **Kestävyys:** Kestävyys on tasapaino ympäristön, tasa-arvon ja talouden välillä. Kestävä kehitys tarkoittaa kehitystä, joka vastaa nykyisten sukupolvien tarpeisiin vaarantamatta tulevien sukupolvien mahdollisuuksia vastata omiin tarpeisiinsa.
- **Resurssitehokkuus:** Tavoitteena on käyttää kaikki johonkin tarkoitukseen, mieluiten mahdollisimman korkealla bioekonomian arvohierarkiapyramidissa.
- **Biodiversiteetti:** Monipuoliset viljelyjärjestelmät parantavat resilienssiä ja tukevat ekosysteemejä.

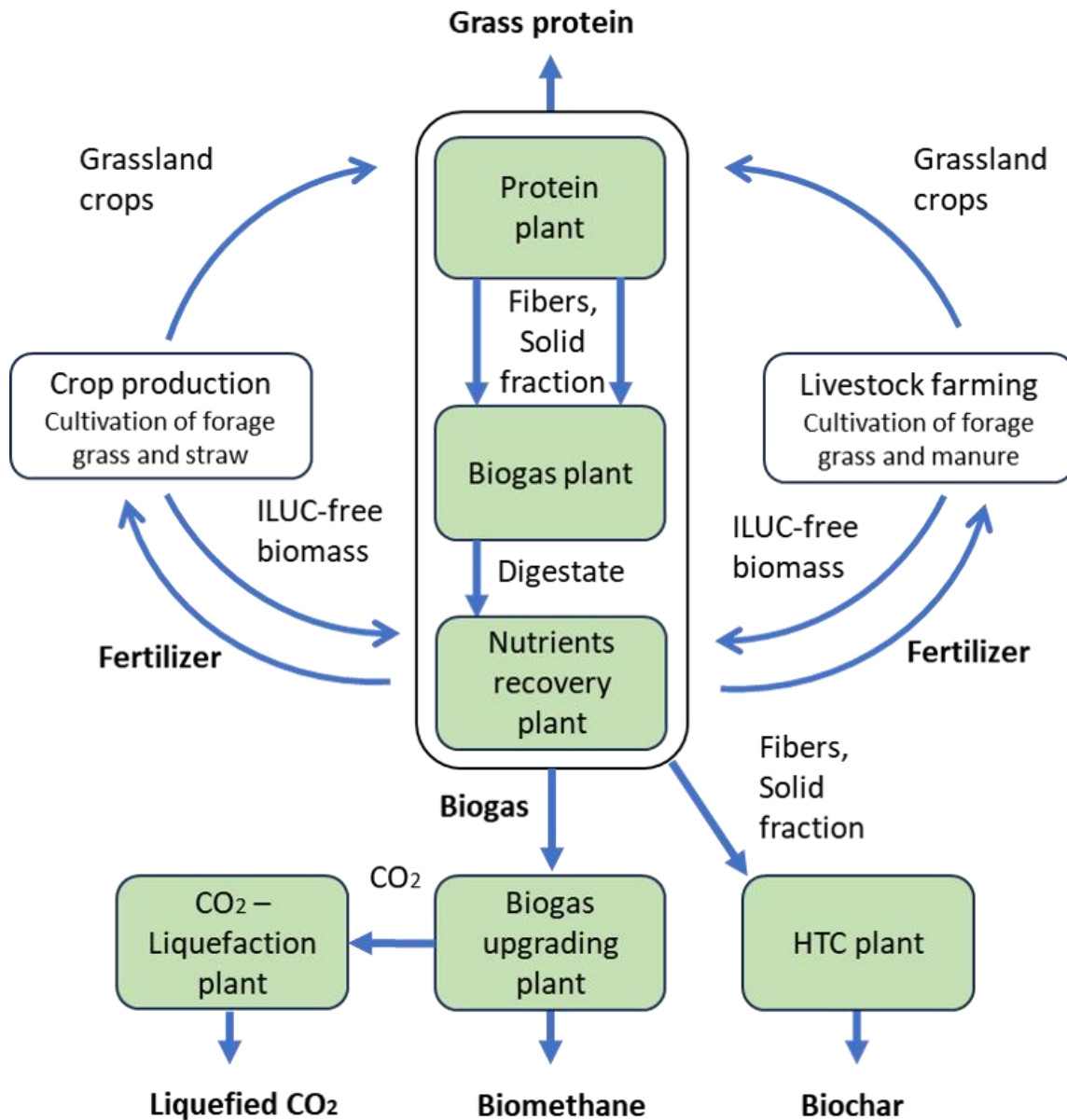
Esimerkkejä uusista käyttötavoista maatalouden viljelykasveille ja jätteille:

- **Biokaasu:** Orgaanisen materiaalin mikrobiallinen hajottaminen ilmatiiviissä säiliössä (anaerobinen mädätys) tuottaa korkeaenergistä kaasua, jota voidaan käyttää lämmön, sähkön tai polttoaineen tuotantoon.

- **Orgaaninen lannoite:** Biokaasun tuotannossa tapahtuvan anaerobisen mädätyksen jälkeen jäljelle jäävä orgaaninen jäännös (mädäte) on ravinteikas aine, joka parantaa maaperän hedelmällisyyttä ja edistää kasvien kasvua. Se sisältää arvokkaita ravinteita, kuten typpeä, fosforia ja kaliumia.
- **Biohiili:** Orgaanisesta materiaalista pyrolyysin (korkean lämpötilan hajottamisen ilman happea) avulla tuotettu biohiili parantaa maaperän ominaisuuksia ja varastoi hiiltä.
- **Kasviproteiinit:** Proteiinien eristäminen kasveista, kuten ruohosta tai säilörehusta, tarjoaa vaihtoehtoja tuontieläinrehuissa käytettävälle proteiinille, kuten soijalle.
- **Kierrätetyt ravinteet:** Fosforin, joka on ruokatuotannon kannalta välttämätön ja rajallinen resurssi, uudelleenkäyttö on ratkaisevan tärkeää.
- **Rehuaineet:** Mustasotilaskärpäsen toukat tai jauhomadot, joita kasvatetaan maatalouden sivutuotteilla (esim. hedelmien, vihannesten ja viljan jäänteillä), prosessoidaan hyönteisjauhoksi. Tämä runsasproteiininen eläinrehu sopii siipikarjalle, sioille ja vesiviljelyssä kaloille.

Epäsuora maankäytön muutos (ILUC) viittaa tahattomiin ympäristövaikutuksiin, joita maatalousmaan muuttaminen aiheuttaa muualla tapahtuvien maankäytön muutosten vuoksi. Esimerkiksi kun olemassa olevaa viljelymaata käytetään biopolttoaineiden tai muun tuotantoon, voi lisätä maata (kuten metsiä tai ruohomaita) raivata ruoan tai rehuuotannon korvaamiseksi. Tämä voi johtaa metsäkatoon, biodiversiteetin menettämiseen ja lisääntyneisiin hiilidioksidipäästöihin, mikä heikentää biopolttoaineiden tai bioenergian ympäristöhöyötyjä.

Sen sijaan ILUC-vapaan orgaanisen materiaalin, kuten viljelyjätteen, lannan ja orgaanisen jätteen, käyttö tarjoaa merkittäviä ympäristöetuja. Kun raaka-aineet ovat peräisin olemassa olevista maatalouskäytännöistä ilman, että vaaditaan lisämaata tai metsien hävittämistä, ILUC-vapaa orgaaninen materiaali on kestävämpi vaihtoehto. Tämä lähestymistapa antaa viljelijöille mahdollisuuden tuottaa uusiutuvaa energiaa (biokaasu) ja bio-lannoitteita, saman aikaisesti vähentäen kasviuonekaasupäästöjä, riippuvuutta synteettisistä lannoitteista ja välttämällä negatiiviset vaikutukset ruoan tuotantoon ja ekosysteemeihin.



Esimerkki maatalouden kiertokulkubiotalousjärjestelmästä

Ympäristöystävällinen metsätalous

Metsät ovat monimutkaisia ja eläviä ekosysteemejä, jotka toimivat merkittävänä orgaanisen materiaalin varastoina—puut, kasvit ja muut metsän elementit muodostavat tämän orgaanisen aineksen. Nämä ekosysteemit eivät ole staattisia; ne ovat jatkuvassa muutoksessa, jota muovaavat ihmisen hallintakäytännöt ja ympäristöolosuhteet.

Historiallinen painopiste: Kiertotaloudellinen hallinta

- Perinteisesti metsänhoito on keskittynyt kiertotaloudellisiin käytäntöihin—uudelleen istuttamiseen hakkuun jälkeen, jotta varmistetaan kestävä kasvun ja uudistumisen sykli.
- Kiertotalouden hallinnan tavoitteena on ylläpitää metsien terveyttä, biologista monimuotoisuutta ja ekosysteemipalveluita.

- Uusi aikakausi: Tämä käsite viittaa siihen, että metsätalous on siirtymässä uuteen vaiheeseen, jota luonnehtii kehittyneiden teknologioiden, datalähtöisten lähestymistapojen ja parannettujen hoitotekniikoiden soveltaminen. Näillä innovaatioilla pyritään optimoimaan metsänhoidon eri osa-alueita, kuten:
 - Puun tuotannon maksimointi ekosysteemin terveyttä ylläpitäen.
 - Taloudellisten, ympäristöllisten ja sosiaalisten tavoitteiden tasapainottaminen.
 - Jätteiden minimointi tehostamalla biomassan käyttöä energian ja muiden tuotteiden tuotannossa.
 - Teknologioiden, kuten dronien, satelliittikuvien, tekoälyn ja data-analytiikan hyödyntäminen seurantaan, hakkuuseen ja uudistamiseen.

Uudelleen istutuksen tuolla puolen:

Optimointi on avainasemassa. Se tarkoittaa parhaiden päätösten tekemistä tiettyjen tavoitteiden saavuttamiseksi samalla, kun käytetään resursseja tehokkaasti. Metsätalous, kuten maatalous, palvelee monia tarkoituksia:

- Puutuotteiden teollisuus: Tämä sektori keskittyy sahatavaran käsittelyyn, bioenergian tuotantoon ja puun käyttöön rakentamisessa.
- Huonekaluteollisuus: Puusta valmistetaan kauniita ja toiminnallisia huonekaluja.
- Paperi- ja selluteollisuus: Metsät tarjoavat raaka-aineen paperin ja sellun tuotantoon.
- Selluloosapohjaiset kuidut ja muovit: Metsäresursseista syntyy innovatiivisia materiaaleja, kuten bioplastiikkaa ja vanilliinia.

Biojalostus

Yleiset periaatteet biojalostuksessa

Maatalousympäristössä biojalostus tarkoittaa erilaisten orgaanisten aineiden muuntamista arvokkaiksi tuotteiksi, kuten biopolttoaineiksi, kemikaaleiksi ja materiaaleiksi. Biojalostuksen yleiset periaatteet maatalousympäristössä ovat:

- **Resurssitehokkuus:** Maatalouden sivutuotteiden ja jätteiden (esim. olki, kuoret) hyödyntäminen jätteen vähentämiseksi ja tuotteiden arvon lisäämiseksi.
- **Kestävät käytännöt:** Ympäristöystävällisten prosessien käyttöönotto, jotka tukevat kestävää maataloutta vähentämällä energian kulutusta, päästöjä ja resurssi tarvetta.
- **Arvon lisääminen:** Raaka-aineen muuntaminen korkeamman arvon tuotteiksi, kuten biopolttoaineiksi, biomuoveiksi ja erikoiskemikaaleiksi, mikä kasvattaa taloudellista hyötyä ja tukee maatalouden taloutta.
- **Integroitu prosessointi:** Integroitujen järjestelmien käyttö erityyppisten orgaanisten materiaalien käsittelyyn yhdessä optimoi kokonaistehokkuutta ja alentaa kustannuksia. Tämä voi sisältää useita vaiheita, kuten esikäsittelyn, muuntamisen ja jalostamisen.
- **Kiertotalous:** Sivutuotteiden ja jätteiden kierrätyksen edistäminen tuotantosykliin, jotta resursseja käytetään tehokkaasti ja ympäristöjalanjälki pienenee.
- **Innovaatio ja teknologia:** Kehittyneiden teknologioiden ja prosessien, kuten entsyymaattisen hydrolyysin tai fermentoinnin, hyödyntäminen orgaanisten materiaalien muuntamisen tehokkuuden parantamiseksi.
- **Taloudellinen kannattavuus:** Varmistetaan, että biojalostusprosessit ovat taloudellisesti kannattavia tasapainottamalla teknologian, energian ja raaka-aineiden kustannukset lopputuotteiden markkina-arvon kanssa.

- **Paikallinen integrointi:** Sovitetaan biojalostus-systeemit paikallisiin maatalouskäytäntöihin ja saatavilla oleviin orgaanisiin aineisiin, jotta biojalostuksen merkitys ja vaikutus tietyillä alueilla paranee.

Nämä periaatteet ohjaavat biojalostuksen kehittämistä ja toimintaa maatalousympäristöissä, tavoitteenaan optimoida orgaanisten materiaalien käyttö samalla tukien kestäviä ja taloudellisesti kannattavia käytäntöjä.

Teknologiat kiertotaloudellisen biotalouden saavuttamiseksi

Kiertotalouden toteuttaminen vaatii innovatiivista prosessisuunnittelua, jota ohjaa pitkälti kehittyneiden teknologioiden käyttö. Näillä teknologioilla on keskeinen rooli materiaalien, kuten maatalouden sivutuotteiden ja orgaanisten jätteiden, muuntamisessa arvokkaiksi resursseiksi, muuttamalla niiden ominaisuuksia ja lisäämällä niiden uudelleenkäyttömahdollisuuksia.

Lannan kuivaaminen

Lannan jakaminen nestemäisiin ja kiinteisiin fraktioihin on yleinen käytäntö monista syistä. Tämä prosessi on tärkeässä roolissa lannan hallinnan parantamisessa ja ympäristön kestävyuden edistämisessä, erityisesti suuressa mittakaavassa toimivissa maatalousoperaatioissa. Jokaisella teknologialla on omat etunsa riippuen lannan kosteuspitoisuudesta, tilan koosta ja eroteltujen materiaalien käyttötarkoituksesta esim energiatuotannosta, lannoituksesta tai ympäristön hallinnasta.

- **Parannettu ravinteiden hallinta:** Nestemäinen osuus sisältää tyypillisesti suuremman pitoisuuden helpommin kasvien saatavilla olevaa tyyppiä. Tämä osuus voidaan levittää nestemäisenä lannoitteena viljelykasveille ravinteiden hyödyntämisen optimoimiseksi. Kiinteä osuus taas sisältää enemmän orgaanista ainesta, fosforia ja kaliumia, joten se soveltuu hitaasti vapautuviksi lannoitteiksi tai maanparannusaineiksi.
- **Helpompi käsittely ja varastointi:** Nestemäistä lantaa on helpompi pumpata ja levittää kastelun tai säiliöiden avulla, mikä tehostaa levitystä. Kiinteä osuus, joka on tiiviimpää, on helpompi varastoida, kuljettaa ja käsitellä kompostiksi tai kuivaksi.
- **Hajun ja päästöjen vähentäminen:** Lannan erottelu auttaa vähentämään hajuja ja kasvihuonekaasupäästöjä, erityisesti metaania ja ammoniakkia, koska nestemäistä osuutta voidaan helpommin käsitellä, levittää tai varastoida.
- **Biokaasun tuotannon tehokkuus:** Biokaasulaitoksissa lannan erottelu voi parantaa mädätysprosessin tehokkuutta. Kiinteä osuus, jossa on runsaasti orgaanista ainesta, on ihanteellinen anaerobiseen mädätykseen, kun taas nestemäistä osuutta voidaan kierrättää tai käsitellä erikseen.
- **Parantunut vedenlaatu:** Erottamalla fraktiot on helpompaa hallita ravinteita ja estää niiden valuminen vesistöihin, mikä auttaa suojelemaan ympäröivien alueiden vedenlaatua.

Teknologiat, joita käytetään kiinteän ja nestemäisen fraktion erottamiseen.

Kiinteän ja nestemäisen fraktion erotukseen käytetään useita teknologioita, riippuen toiminnan laajuudesta, tehokkuustarpeista ja erityisistä tavoitteista. Yleisimmät menetelmät on merkitty tähdellä (*).

- **Mekaaninen erotus**

- **Ruuvipuristuserottimet***: Nämä käyttävät ruuvimekanismia puristaakseen kiinteän osan lannasta erilleen päästään nestemäisen osan vapaaksi. Se on yksi yleisimmistä menetelmistä maataloilla, erityisesti maitotiloilla ja sikatiloilla
 - Edut: Yksinkertainen ja tehokas monenlaisille lantatyypeille, ja sen energiantarve sekä huoltotarve ovat suhteellisen alhaiset. Sopii keskisuurille ja suurille maataloille.
- **Pyörivä rumpuerotin***: Pyörivä rumpu, jossa on hienorakeinen verkko joka sallii nesteiden erottua ulkopuolelle, mutta pitää kuiva-aineen rumpun sisällä.
 - Edut: Hyvä suurten lantamäärien käsittelyyn ja voi toimia jatkuvasti vähäisellä huollolla. Sovelluskohteita ovat yleensä suurten maitotilojen ja biokaasulaitosten tarpeet.
- **Hihnapuristuserottimet**: Jatkuva hihna puristaa lannan telojen väliin ja erottaa kiintoaineen nesteistä paineen avulla. Hihnapuristimilla saadaan tehokkaasti talteen suuri osa kiintoaineesta, minkä vuoksi ne ovat yleisiä tiloilla, jotka kompostoivat lantaa tai tarvitsevat kiintoainetta muihin käyttötarkoituksiin.
 - Edut: Korkea kiinteän aineen pitoisuus erotetussa materiaalissa, ja se soveltuu hyvin kuitipitoiselle lannalle. Sovelluksia ovat maitotilat ja siipikarjatilat, joissa kiinteä fraktio on arvokasta materiaalia esimerkiksi kuivikkeeksi, kompostiin tai edelleen kuivattavaksi orgaaniseksi lannoitteeksi.
- **Tärinäseulat**: Nämä seulat ravistelevat lantaa erottaen nesteet massasta jättäen kiinteän aineen seuloihin. Usein yhdistetty muihin järjestelmiin tehokkaamman erotuksen saavuttamiseksi.

- **Sentrifugointi:**

- **Sentrifugi***: Nämä käyttävät suurta pyörimisnopeutta erottaakseen keskipakovoimalla kiinteät aineet nesteistä tiheyden perusteella. Raskaammat kiinteät partikkelit siirtyvät rumpun ulkoreunoille, ja kevyempi neste rumpun keskelle ja tätä kautta pois rummusta
 - Edut: Erittäin tehokas hienojakoisten partikkelien erottamiseen ja voi käsitellä suuria määriä. Tyypillinen sovelluskohde on edistynyt erotus, jossa tarvitaan parempaa ravinteiden hallintaa, kuten biokaasulaitoksilla ja ravinteiden, kuten fosforin, talteenotossa.

- **Laskeutusaltaat ja painovoimainen erotus:**

- **Painovoimaiset laskeutusaltaat tai säiliöt**: Lannan annetaan laskeutua suurissa altaissa tai säiliöissä jolloin raskaammat kiinteät ainekset painuvat pohjalle ja neste voidaan imeä pois pinnalta. Tämä on yksinkertainen mutta tehokas menetelmä, jota käytetään usein suurilla tai vähemmän koneistetuilla maataloilla.
 - Edut: Minimaalinen laitteistokustannus ja helppo hallinta. Käytetään usein sikatiloilla ja karjatililla, joilla on tilaa suurille varastoalustoille. Kannen tarve voi vähentää kustannustehokkuutta.

- **Suodatusjärjestelmät:**

- **Geotekstiilipussisuodattimet:** Suuret läpäisevät kangaspussit, joihin lantaa pumpataan. Nestemäinen fraktio tihkuu kankaan läpi, kun taas kiinteä aine jää pussin sisään. Tämä on kehitteillä olevaa teknologia maatalousalalla.
 - **Edut:** Liikuteltava ja helppo asentaa, ja sillä on vähäinen huoltotarve. Sopii pienille ja keskisuurille maatiloille yksinkertaisen lannan hallintaan.

Latvian eläintieteiden ja teknologian yliopiston (2020) raportti "Climate-friendly agricultural practice in Latvia: Separation of liquid manure and digestate" antaa käytännön esimerkkejä ja sovelluksia maataloudesta.

Esikäsittely selluloosapitoiselle materiaalille

Monet maatalouden sivutuotteet, kuten olki ja maissin korret, sisältävät runsaasti selluloosaa, hemiselluloosaa ja ligniiniä. Selluloosa, joka on kasvimateriaalin pääkomponentti, on sitkeää ja hajoamista kestävä, minkä vuoksi karja, erityisesti yksimahaiset eläimet (esim. siat ja siipikarja) ja vähäisemmässä määrin märehitijät (esim. naudat ja lampaat), eivät pysty sulattamaan tätä materiaalia. Esikäsittelyllä voidaan pehmentää selluloosapitoisen rehuraaka-aineen kovaa ja kuitumaista rakennetta, tehden sen helpommaksi eläimille pureskeltavaksi ja sulatettavaksi. Tämä parantaa rehun maittavuutta, rohkaisten parempaan syöntiin kotieläimillä. Esikäsittely auttaa myös hajottamaan kasvibiomassan rakenteita, mikä helpottaa mikro-organismien pääsyä materiaaliin ja sen hajottamista. Selluloosapitoinen maatalousjäte, kuten satojen jäänteet, on usein runsasta mutta alihyödynnettyä. Esikäsittely mahdollistaa energian ja ravinteiden tehokkaamman talteenoton, muuttaen jätteet arvokkaiksi panoksiksi muihin arvoa tuottaviin prosesseihin, kuten bioenergian tuotantoon.

Parannettu biokaasun tuotanto ja parempi biolannoite:

- **Anaerobisen mädätyksen tehokkuus:** Biokaasulaitoksissa selluloosapitoisia materiaaleja (esim. olkea, maissin korsia) käytetään usein substraatteina (raaka-aineina). Esikäsittely hajottaa selluloosan ja hemiselluloosan yksinkertaisemmiksi sokereiksi, joita mikro-organismit voivat fermentoida biokaasuksi.
 - **Suurempi saanto:** Parantamalla materiaalin mädätettävyyttä, esikäsittely lisää biokaasun kokonaissaantoa, tehden prosessista tehokkaamman ja taloudellisemman.
 - **Nopea käsittely:** Selluloosapitoisten materiaalien esikäsittely vähentää aikaa, joka tarvitaan materiaalin hajoamiseen bioreaktoreissa tai kompostointijärjestelmissä. Tämä lyhyempi viipymisaika mahdollistaa nopeamman läpimenon ja suuremman käsittelykapasiteetin.
 - **Tasainen substraatti:** Esikäsittely voi pienentää suurikokoiset ja kuitumaiset kasvimateriaalit pienemmiksi ja tasaisemmiksi partikkeleiksi, mikä parantaa substraattien sekoittumista biokaasulaitoksissa.
 - **Ligniinin hajoaminen:** Ligniini, monimutkainen orgaaninen polymeeri kasvien soluseinissä, voi estää mikrobien toimintaa anaerobisessa mädätyksessä. Jotkut esikäsittelymenetelmät auttavat vähentämään ligniinipitoisuutta, mikä vähentää sen

mikrobitoimintaa estäviä vaikutuksia ja mahdollistaa paremman mikrobihajottamisen.

- **Ravinteiden vapautuminen:** Esikäsittely auttaa vapauttamaan kasvien soluseinämiin lukittuja ravinteita, kuten typpeä, fosforia ja kaliumia, jolloin ne ovat helpommin saatavilla, kun niitä käytetään lannoitteina tai maanparannusaineina kompostoinnin tai mädätyksen jälkeen.

Ravinteiden saatavuuden parantaminen rehuun:

- **Energian vapauttaminen:** Esikäsittely auttaa vapauttamaan energiaa, joka on varastoitunut monimutkaisiin hiilihydraatteihin (selluloosa ja hemiselluloosa). Kun nämä hajoavat, ne voivat tarjota paremmin saatavilla olevan energialähteen eläimille, mikä johtaa eläinten parempaan kasvunopeuteen ja rehunkäyttötehokkuuteen.
- **Proteiinin saatavuuden lisääminen:** Vaikka selluloosa itsessään ei sisällä proteiinia, esikäsittely auttaa usein vapauttamaan sitoutuneita ravinteita, kuten proteiineja ja aminohappoja kasvien soluseinistä, tehden ne biologisesti käyttökelpoisemmiksi.
- **Ligniini ja tanniinit:** Ligniini, jota löytyy kasvien soluseinistä, ei ole luonnostaan hajoavaa ja voi sitoa ravinteita, tehden ne käyttökelvottomiksi eläimille. Tietyt esikäsittelymenetelmät auttavat vähentämään ligniinipitoisuutta, parantaen rehun ravitsemuksellista laatua.
- **Toksiinien poisto:** Jotkut maatalouden jätteet sisältävät yhdisteitä, kuten tanniineja tai muita haitallisia aineita, jotka häiritsevät ruoansulatusta. Esikäsittely voi auttaa poistamaan tai neutraloimaan näitä aineita.
- **Materiaalin pehmentäminen:** Esikäsittely pehmentää selluloosapitoisten rehuraaka-aineiden kovaa ja kuitumaista rakennetta, tehden niistä helpommin pureskeltavia ja käsiteltäviä eläimille. Tämä parantaa rehun maittavuutta, rohkaisten parempaan syöntiin kotieläimillä.
- **Entsymaattinen hydrolyysi:** Tietyt kemialliset tai entsyymaattiset esikäsittelyprosessit voivat hajottaa monimutkaisia hiilihydraatteja yksinkertaisemmiksi sokereiksi, parantaen rehun hiilihydraattiprofiilia. Tämä voi auttaa tasapainottamaan energiasisältöä yhdistettynä proteiinilähteisiin, muodostaen täydellisemmän ruokavalion.
- **Maatalouden sivutuotteiden hyödyntäminen:** Esikäsittely mahdollistaa edullisten, muuten hukkaan menevien selluloosapitoisten maatalouden sivutuotteiden, muuttamisen arvokkaaksi kotieläinrehuksi. Tämä tarjoaa viljelijöille edullisen ja kestävän vaihtoehdon perinteisille rehujen lähteille.
- **Ravinteiden parempi hyödyntäminen:** Esikäsittely parantaa ravinteiden imeytymistä ja käytettävyyttä, mikä johtaa vähempään jätteen eritykseen eläimiltä. Tämä on erityisen tärkeää intensiivisessä maataloudessa, jossa rehun tehokkuuden maksimointi on avainasemassa.

Yleiset esikäsittelymenetelmät:

- **Mekaaninen esikäsittely:** Orgaanisen materiaalin silppuaminen, jauhaminen tai pilkkominen pienemmiksi partikkeleiksi materiaalin pinta-alan lisäämiseksi.
 - Yleiset käyttötavat: Parantaa rehuraaka-aineen maittavuutta ja sulavuutta; parantaa biokaasun tuotantoa tekemällä orgaanisesta materiaalista helpompaa mikrobien hajotettavaksi.

- **Kemiallinen esikäsittely:** Happojen (esim. laimea rikkihappo), emästen (esim. natriumhydroksidi, ammoniakki) tai entsyymien käyttö selluloosan, hemiselluloosan ja ligniinin hajottamiseksi.
 - Yleiset käyttötavat: Parantavat märehitijöiden rehun sulavuutta; parantaa bioenergian tuotannon tehokkuutta avaamalla selluloosarakenteen. Hapot vapauttavat fermentoituvia sokereita biomassasta bioenergian tuotantoon (esim. etanoli ja biokaasu).
- **Lämpöesikäsittely:** Lämmön tai höyryn käyttäminen orgaanisen materiaalin pehmentämiseksi ja rakenteen hajottamiseksi.
 - Yleiset käyttötavat: Laajalti käytetty biokaasun ja bioetanolin tuotannossa; voidaan myös käyttää parantamaan rehuraaka-aineen käytettävyyttä erityisesti kuitumaisten materiaalien osalta.
- **Biologinen ja entsyymattainen esikäsittely:** Tiettyjen sienten käyttö ligniinin hajottamiseksi ja selluloosan helpommin saataville tekemiseksi tai tiettyjen entsyymien (kuten sellulaasien ja hemisellulaasien) käyttö.
 - Ei kovin yleisiä menetelmiä, ja ne ovat kalliita suurten sovellusten kannalta.

Esikäsittelymenetelmät ovat olennaisia, jotta selluloosapitoiset maatalousjätteet olisivat helpommin mikrobien hajotettavissa, oli kyse sitten eläinrehusta tai bioenergian tuotannosta. Jokaisella menetelmällä on tietyt edut riippuen orgaanisen materiaalin tyypistä ja aiotusta käyttötarkoituksesta, oli kyse sitten rehun käytettävyyden parantamisesta tai biomassan muuttamisesta uusiutuviksi energialähteiksi, kuten biokaasuksi tai biopoltoaineiksi.

Lisätietoja Rasaq et al. (2024) -katsausartikkelista: *“Green and sustainable pretreatment methods for cellulose extraction from lignocellulosic biomass and its applications”*

Biokaasun tuotanto - Anaerobinen mädätys

Biokaasua tuotetaan luonnollisella prosessilla, jota kutsutaan anaerobiseksi mädätykseksi, jossa orgaaniset materiaalit — kuten orgaaniset jätteet, kasvien jäänteet ja kotieläinten lanta — hajotetaan mikro-organismien avulla hapettomassa ympäristössä. Tämä prosessi tuottaa kaasuseoksen, joka koostuu pääasiassa metaanista (CH₄) ja hiilidioksidista (CO₂), mikä tekee biokaasusta uusiutuvan energialähteen. Yksi anaerobisen mädätyksen suurimmista eduista on, että se vähentää orgaanisen jätteen massaa ja hajua, vakauttaen sen ja muuttaen sen arvokkaiksi tuotteiksi, kuten biokaasuksi ja bio-lannoitteeksi.



Biojätteen lähteet, jotka voidaan pilkkoa anaerobisesti biokaasun ja biolannoitteen tuottamiseksi.

Biokaasun koostumus:

Metaani (CH₄):

- Metaani on biokaasun ensisijainen energianlähde.
- Metaanipitoisuus vaihtelee tyypillisesti 45-75 tilavuusprosenttia.
- Biokaasun energiapitoisuus vaihtelee metaanipitoisuuden mukaan.

Hiilidioksidi (CO₂):

- CO₂ on toinen tärkeä komponentti biokaasussa.
- Se on anaerobisen mädätysprosessin tuote, ja se voidaan ottaa talteen bio-CO₂:na, joka voi korvata fossiilisen hiilidioksidin, jota käytetään esimerkiksi kasvihuoneiden kasvun tehostamiseen.

Biokaasulaitoksen koko on tärkeä, sillä biokaasun hyödyntäminen riippuu tuotetun energian määrästä. Suuri biokaasulaitos voi usein oikeuttaa investoinnin kaasun jalostusjärjestelmään. Sen sijaan pienet ja keskiuuret laitokset tuottavat tyypillisesti biokaasua sähköntuotantoon ja lämmitykseen.



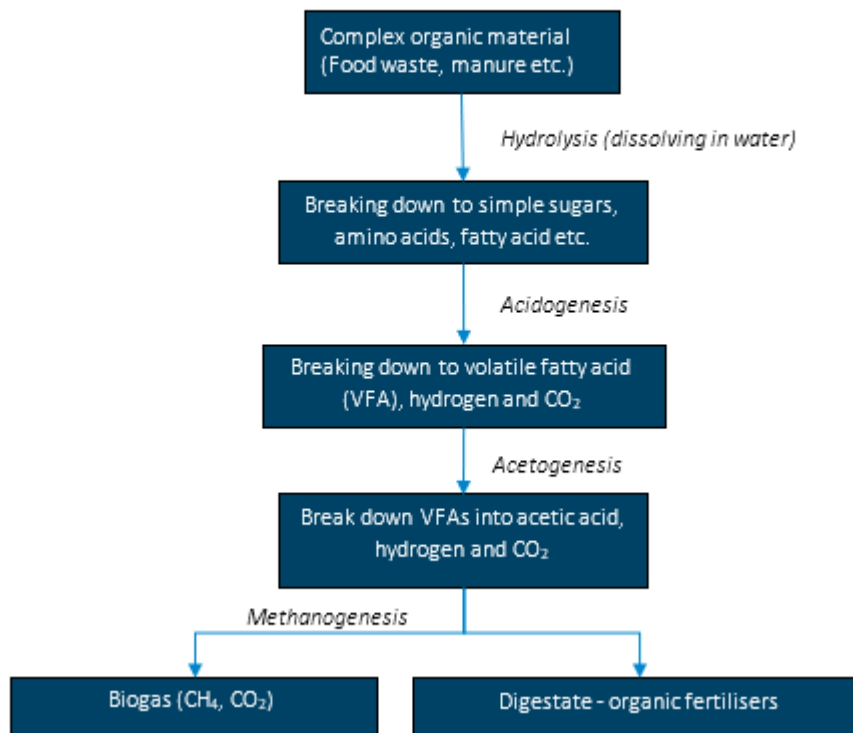
Biokaasulaitoksella saattaa olla potentiaalia tuottaa jalostettua biokaasua ajoneuvojen polttoaineena

Biokaasun tuotantoreitit – monimutkaisen orgaanisen materiaalin mädättäminen

Biokaasun tuotantoprosessi koostuu useista mikrobiologisista aineenvaihdunnan vaiheista, joita ohjaavat erilaiset bakteerilajit reaktorin sisällä. Orgaaninen materiaali hajotetaan anaerobisesti, eli ilman hapen läsnäoloa. Vaikka jotkut reaktorin bakteerit sietävät happea, toiset eivät. Viimeinen vaihe, metanogeneesi, suoritetaan tiukasti anaerobisilla bakteereilla, jotka eivät selviä hapessa ja ovat erittäin herkkiä lämpötilan vaihteluille ja alhaiselle pH:lle. Biokaasun tuotannon optimoimiseksi näiden mikro-organismien ympäristöä on tarkkailtava tarkasti, mukaan lukien lämpötilaa, alkaliteettia ja haihtuvia happoja mittaamalla.



Biokaasuprosessissa suuret orgaaniset molekyylit hajoavat metaaniksi ja hiilidioksidiksi. Tämä on mahdollista erilaisten mikro-organismien monimutkaisen vuorovaikutuksen ansiosta. Esimerkiksi yksi mikro-organismi voi tuottaa ”ravintoa” toiselle mikro-organismille tai luoda oikeat olosuhteet toisen mikro-organismien menestymiselle muuttamalla ympäristön pH-arvoa. Kaikki, mitä ei hajoteta kaasuksi, jää jäännökseksi ja sitä voidaan käyttää orgaanisena lannoitteena tai maanparannusaineena. Tämä jäännös sisältää ravinteita, kuten typpeä, fosforia ja kaliumia, kasveille helposti saatavassa muodossa. Orgaaninen lannoite sisältää myös hiiltä, jota ei voitu muuttaa kaasuksi, ja tämän määrän voidaan usein arvioida olevan noin 50 % alkuperäisen orgaanisen materiaalin hiilestä, vaikka se voi vaihdella materiaalin mukaan.



Yksinkertaistettu kuvaus biokaasuprosessista erilaisilla biokemiallisilla ja mikrobiologisilla vaiheilla.

Bioreaktorit:

Bioreaktori on suljettu, ilmatiivis säiliö tai tankki, joka on varustettu sekoitusmekanismilla tasaisen sekoittumisen varmistamiseksi. Jatkuvavirtauksellisissa järjestelmissä substraattia pumpataan sisään samaan tahtiin kuin mädätettyä materiaalia (mädätysjäännöstä / biolannoitetta) poistetaan. Keskimääräinen viipymäaika bioreaktorissa on tyypillisesti 20–40 päivää, riippuen prosessiolosuhteista. Luonnollisesti esiintyvät mikro-organismit hajottavat orgaanisen materiaalin, tuottaen biokaasua. Biokaasu kerätään bioreaktorin kaasutilasta.



Poltto tai yhdistetty lämpö ja sähkö:

Biokaasukattila polttaa biokaasua lämmön tuottamiseksi, jota voidaan käyttää rakennusten lämmitykseen. Yhdistetty lämpö- ja voimalaitos (CHP) moottori tai turbiini tuottaa sekä lämpöä että sähköä. Noin kolmasosa energiasta muuttuu sähköksi, kun taas loput kaksi kolmasosaa voidaan käyttää lämmitykseen.



Biometaanin jalostus:

Biometaani, joka tunnetaan myös uusiutuvana maakaasuna, on puhdistettua biokaasua, joka on jalostettu poistamalla CO₂ ja muita epäpuhtauksia, kuten rikkivetyä. Biometaani on yhteensopiva nykyisten maakaasuverkkojen kanssa. Jalostusprosessi voidaan suorittaa erilaisilla tekniikoilla, kuten huuhtelulla, kalvoilla, kemiallisilla käsittelyillä tai lämpötilaperusteisilla menetelmillä. Biokaasua energiapitoisempi biometaani on puhtaampi vaihtoehto fossiilisille polttoaineille, erityisesti

liikennesektorilla. Jalostettua biokaasua voidaan myös edelleen käsitellä puristettuun tai nesteytettyyn muotoon helpomman varastoinnin ja käsittelyn vuoksi.



Bio-CO₂: Vihreä ratkaisu teollisiin tarpeisiin:

Biokaasun tuotannossa syntyy merkittävä sivutuote, bio-CO₂. Tämä biologisista lähteistä peräisin oleva hiilidioksidi voi olla ratkaisevassa roolissa teollisuuden päästöjen vähentämisessä. Bio-CO₂ voidaan hyödyntää kahdella pääasiallisella tavalla:

- **Suora käyttö:** Käytetään bio-CO₂ kaasumaisessa muodossa. Esimerkiksi biokemikaalien, polttoaineen ja betonin valmistuksessa.
- **Nesteytys:** Muunnetaan nestemäiseen muotoon. Tämä menetelmä, vaikkakin energiaintensiivisempi, tarjoaa useita etuja. Nestemäinen CO₂ on tiheämpää ja sitä voidaan varastoida sekä kuljettaa tehokkaammin kuin kaasumaista vastinetta. Tämä on erityisen hyödyllistä sovelluksissa, jotka vaativat suuria CO₂-määriä tai joissa varastointitila on rajoittava tekijä.

Nesteytykseen liittyvät energiakustannukset on kuitenkin punnittava näiden etujen rinnalla. Jos bio-CO₂ jalostetaan metaaniksi, esimerkiksi metanoinnin avulla, se voi korvata teollisuudessa käytettävää hiilidioksidia pienemmissä määrissä, mikä voi johtaa merkittäviin päästövähennyksiin.

Biokaasuntuoton lisääminen metanoinnilla:

Metanointi on prosessi, joka muuntaa hiilimonoksidin (CO) ja hiilidioksidin (CO₂) metaaniksi (CH₄) käyttäen vetyä (H₂). Tämä on välttämätöntä metaanin tuottamiseksi muista kaasuista, ja biokaasun tehokkuuden ja puhtauden parantamiseksi. Esimerkiksi ylimääräistä sähköä tuulipuistoista voidaan käyttää vedyn tuottamiseen elektrolyysin avulla, ja tätä vetyä voidaan sitten käyttää metanoinnissa tai lisätä anaerobiseen reaktoriin metaanintuoton tehostamiseksi.

Johtopäätös:

Anaerobinen mädätys on yleinen biologisen jätteen, kuten jätevesilietteen ja biojätteen, käsittelyprosessi. Tämä prosessi vähentää jätteen määrää, vakauttaa sen biologisesti, vähentää taudinaiheuttajia ja minimoi hajuhaitat ennen varastointia ja käyttöä biolannoitteena. Lannan hallittu anaerobinen mädätys lisää myös ravinteiden, erityisesti typen, saatavuutta ja helpottaa niiden levittämistä. Biokaasu tarjoaa tärkeän ratkaisun energiatarpeiden täyttämiseen samalla kun se suojelee ympäristöä. Muuttamalla orgaaninen jäte energiaksi ja stabiiliksi hiileksi voimme muuttaa hylätyt materiaalit arvokkaaksi ja kestäväksi resurssiksi tulevaisuudessa.

Biokaasun tuotannon edut:

- **Tehokas jätteenhallinta:** Biokaasu tarjoaa tehokkaan tavan käsitellä orgaanista jätettä, mukaan lukien biojätettä ja eläinjätettä. Se mahdollistaa tärkeiden ravinteiden, kuten typen, fosforin ja kaliumin, kierrättämisen, joita voidaan käyttää lannoitteena maataloudessa.
- **Työllisyyden lisääminen:** Biokaasuteollisuus voi luoda merkittävästi työpaikkoja ja taloudellista arvoa jätteen keräyksestä biokaasun tuotantoon.
- **Uusiutuva resurssi:** Biokaasu ja biolannoite valmistetaan uusiutuvista resursseista, mikä vähentää riippuvuutta kestäättömistä resursseista, kuten öljystä ja kemiallisista lannoitteista.

Biokaasun tuotannon haitat:

- **Riippuvuus orgaanisesta materiaalista:** Jatkuva biokaasun tuotanto vaatii riittävästi orgaanista materiaalia. Kilpailu näistä materiaaleista muiden alojen kanssa voi johtaa haasteisiin resurssien kohdentamisessa.
- **Hajuhaitat ja sijaintiongelmat:** Jätehuolto voi aiheuttaa epämiellyttäviä hajuja, minkä vuoksi biokaasulaitosten sijainti on tärkeä, jotta vältetään mahdolliset hajuhaitat asutuksen lähellä.
- **Lämpötilan vaikutus:** Biokaasun tuotanto on lämpötilasta riippuvaista, ja ilmasto-olosuhteet voivat vaikuttaa tuotannon tehokkuuteen. Kylmemmillä alueilla tarvitaan enemmän resursseja tilojen eristämiseen ja lämmittämiseen, mikä lisää tuotantokustannuksia.
- **Kustannukset ja investoinnit:** Biokaasulaitoksen perustaminen edellyttää merkittäviä kustannuksia ja investointeja, erityisesti infrastruktuurin ja biolannoitteen varastoinnin osalta.
- **Metaanivuodot:** Metaanipäästöjä voi esiintyä biolannoitteen varastoinnin aikana, jos säiliö ei ole kunnolla tiivistetty. Lisäksi metaania voi paeta biokaasulaitoksesta, jos sitä ei tehokkaasti polteta tai talteenoteta.

Vaikka haasteita on, monet niistä voidaan hallita suunnittelulla, teknologian kehityksellä ja tehokkaalla toiminnalla. Biokaasun tuotannolla on systeemisiä haasteita, joiden ratkaiseminen vaatii poliittista tahtoa. Haasteista huolimatta biokaasun tuottamiseen tarvittava tieto ja teknologia ovat olemassa, mikä tekee siitä käyttökelpoisen vaihtoehdon kestäväälle energiantuotannolle.



Esimerkki Norjasta on Den Magiske Fabrikken (Taikatehdas), jolla on kapasiteetti tuottaa noin 120 GWh edestä biokaasua. Laitoksessa ruokajäte ja karjan lanta muutetaan biokaasuksi, orgaaniseksi lannoitteeksi, vermikompostiksi ja vihreäksi CO₂. Ruokajäte tulee noin 1,2 miljoonalta asukkaalta Itä-Norjassa, kun taas karjan lanta saadaan Vestfoldin alueen nauta- ja sikatiloilta.

Taikatehdas on kuitenkin enemmän kuin pelkkä biokaasulaitos. Se toimii keskuksena teollisuuden yhdistämiselle eri projektien ja aloitteiden kautta, luoden perustan kestäväälle kehitykselle, innovaatiolle ja vihreälle kasvulle. Alueellinen jätehuolto-yhtiö VESAR on perustanut biokaasulaitoksen viereen Tieto- ja Kokemuskeskuksen, joka tarjoaa lapsille ja nuorille käytännönläheisiä oppimismahdollisuuksia jätteen lajittelusta, kierrätyksestä, ruoantuotannosta ja uusiutuvasta energiasta. Keskeinen osa opetuskokemusta on teorian ja käytännön yhdistäminen, jolloin osallistujat voivat nähdä, maistaa ja haistaa oikean elämän ympäristössä.

Ruotsista esimerkkinä on More Biogas Småland AB, joka perustettiin helmikuussa 2011 useiden vuosien valmistelujen jälkeen. Yrityksellä on 21 osakasta, joihin kuuluu 15 viljelijää Förlösasta, Läckebystä ja Rocknebystä, juuri Kalmarin pohjoispuolella. Laitos tuottaa paikalliseen käyttöön puristettua ajoneuvokaasua. Raaka-aineina käytetään viljelijöiden tilojen lantaa ja kotitalouksien biojätettä ympäröivistä kunnista.

Yritys tuottaa 100 000 tonnista substraattia lähes saman määrän nestemäistä orgaanista lannoitetta. Suurin osa tästä lannoitteesta palautetaan viljelijöille. Se sisältää enemmän ravinteita kuin tavallinen lanta, erityisesti korkeammalla typpipitoisuudella.

Orgaanisten lannoitteiden jalostaminen

Mitä on orgaaninen lannoite?

Orgaaniset lannoitteet ovat peräisin luonnollisista lähteistä, kuten eläinlannasta, kompostista, ruokajätteestä ja kasvien jäänteistä. Orgaaniset lannoitteet tarjoavat kasveille ravinteita usein hitaasti vapautuvassa muodossa, samalla parantaen maaperän rakennetta ja lisäämällä mikrobien toimintaa. Näissä lannoitteissa on keskeisiä ravinteita, kuten typpeä, fosforia, kaliumia, sekä toissijaisia ravinteita, kuten rikkiä, ja erilaisia hivenravinteita. Orgaaniset lannoitteet sisältävät myös orgaanista hiiltä, joka on tärkeää maaperän hedelmällisyyden ylläpitämisessä ja terveen ekosysteemin tukemisessa.

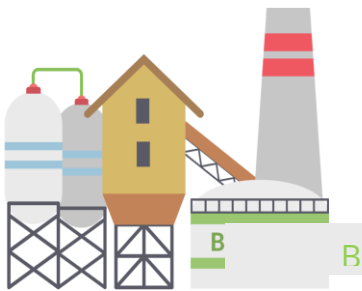
Orgaanisten lannoitteiden jalostaminen tarkoittaa prosesseja, jotka vakauttavat orgaanista materiaalia, tekevät ravinteista helpommin saatavilla olevia ja parantavat kasvien kasvua sekä maaperän terveyttä. Lisäksi kasvien kasvua edistäviä biostimulaattoreita tai bio-lannoitteita, jotka lisäävät ravinteiden saatavuutta mikrobien avulla, voidaan tuottaa orgaanisista lannoitteista.

Orgaanisten lannoitteiden ja vastaavien tuotteiden tyypit

- **Orgaaninen lannoite anaerobisesta mädätyksestä:** Biokaasun tuotannon sivutuote, joka on peräisin orgaanisista materiaaleista, kuten karjanlannasta tai ruokajätteestä. Tämä lannoite

parantaa maaperän hedelmällisyyttä ja edistää terveellistä kasvien kasvua muuttamalla orgaanisesti sidotun typen ammoniumtypeksi, joka on kasveille paremmin hyödynnettävissä. Tunnetaan myös nimillä mädäte, bioliete tai biolannoitejäännös.

- **Komposti:** Hajonneesta orgaanisesta aineksesta, kuten kanan- tai lehmänlannasta, valmistettu komposti rikastuttaa maaperää tärkeillä ravinteilla, parantaa maaperän rakennetta ja lisää mikrobitoimintaa.
- **Vermikomposti:** Madoilla hajotetusta orgaanisesta jätteestä tuotettu vermikomposti on ravinteikas ja sisältää hyödyllisiä mikro-organismeja, jotka parantavat maaperän terveyttä ja hedelmällisyyttä.
- **Frassi:** Hyönteisten, kuten mustasotilaskärpäsien toukkien tai jauhomatojen, uloste (frassi) on ravinteikas biologinen lannoite, joka toimii tehokkaana maaperänparannusaineena ja edistää kasvien kasvua ja maaperän terveyttä.



Tekniikat orgaanisten lannoitteiden jalostamiseen

Useita tekniikoita, kuten anaerobista mädätystä, kuivausta ja kompostointia, käytetään parantamaan orgaanisten lannoitteiden laatua ja tehokkuutta, mikä tekee niistä hyödyllisempiä maatalouskäyttöön:

Anaerobinen mädätys - nestemäinen tai kiinteä mädäte

- **Mekanismi:** Orgaaniset materiaalit (kuten lanta, ruokajäte tai kasvien jäänteet) hajotetaan mikro-organismien avulla hapettomissa olosuhteissa, jolloin syntyy biokaasua (metaania ja hiilidioksidia) sekä mädätettä (ravinteikasta jäämää).
- **Hyödyt:**
 - **Parannettu ravinneprofiili:** Anaerobisesta mädätyksestä peräisin oleva orgaaninen lannoite on ravinteikas, sisältäen runsaasti typpeä, fosforia ja kaliumia. Ravinteiden saatavuus on usein parempi verrattuna käsittelemättömiin orgaanisiin materiaaleihin.
 - **Patogeenien ja hajuhaittojen vähentyminen:** Mädätysprosessi vähentää patogeenien ja hajujen määrää, mikä tekee lannoitteesta turvallisemman ja miellyttävämmän käsitellä.
- **Käyttö:** Mädätettä, joko nestemäisessä tai kiinteässä muodossa, voidaan levittää samoilla laitteilla kuin maitotilojen tai sikatilojen lantaa.

Kuivaus - rakeistettu tai pelleteitu orgaaninen lannoite

- **Mekanismi:** Orgaaniset materiaalit tai niiden sivutuotteet (kuten kompostoitu kananlanta) kuivataan kosteuden vähentämiseksi, mikä helpottaa niiden käsittelyä ja varastointia.
- **Hyödyt:**

- **Pidennetty säilyvyysaika:** Kuivatut lannoitteet säilyvät pidempään ja ovat vähemmän alttiita pilaantumiselle varastoinnin aikana.
- **Ravinnepitoisuuden tiivistyminen:** Kuivaus voi tiivistää ravinteet, tehden lannoitteesta tehokkaamman painoysikköä kohden.
- **Parannettu käsiteltävyys:** Kuivatut, rakeistetut tai pelletoidut tuotteet on helpompi kuljettaa, varastoida ja levittää kuin märät tai puolikiinteät orgaaniset materiaalit.
- **Käyttö:** Kuivattuja lannoitteita voidaan levittää samoilla laitteilla, joita käytetään mineraalilannoitteiden levitykseen, kuten kylvökoneilla.

Kompostointi - orgaaninen lannoite tai maaperänparannusaine

- **Mekanismi:** Orgaaniset materiaalit hajoavat mikro-organismien avulla hapen läsnä ollessa, jolloin syntyy kompostia, joka on vakaa ja ravinteikas maaperänparannusaine.
- **Hyödyt:**
 - **Ravinteiden saatavuuden parantaminen:** Kompostointi vakauttaa ravinteita, tehden niistä helpompia kasveille hyödyntää.
 - **Maaperän rakenteen parantaminen:** Komposti parantaa maaperän rakennetta, ilmavuutta ja vedenpidätyskykyä, edistäen maaperän terveyttä.
 - **Patogeenien ja rikkaruohojen siementen vähentäminen:** Oikein suoritettu kompostointi vähentää patogeenien ja rikkaruohojen siementen määrää, lisäten lannoitteen turvallisuutta.
- **Käyttö:** Kompostia voidaan levittää samoilla laitteilla, joita käytetään vuodelannan levitykseen, kuten lannoitelevittimillä.

Orgaanisten lannoitteiden jalostamisen hyödyt

- **Ravinteikas resurssi:** Biologiset lannoitteet, kuten lanta, sisältävät kasvien kasvun kannalta välttämättömiä ravinteita. Jalostaminen voi parantaa ravinteiden tasapainoa ja saatavuutta. Esimerkiksi biokaasulaitoksessa mädätetystä lannasta ja ruokajätteestä tuotettu bio-lannoite sisältää usein parannetun ravinneprofiilin verrattuna käsittelemättömään lantaan.
- **Hiili ja maaperän rakenne:** Orgaanisen materiaalin lisääminen maaperään auttaa sitomaan hiiltä, mikä vähentää ilmakehän CO₂-tasoa ja edistää ilmastonmuutoksen hillintää. Orgaaninen aines parantaa maaperän rakennetta, vedenpidätyskykyä ja ravinteiden saatavuutta. Terve maaperä johtaa korkeampaan tuotantoon ja terveempiin kasveihin.
- **Markkinakysyntä:** Kestävien ja orgaanisten viljelymenetelmien kysyntä on kasvussa, mikä voi luoda markkinamahdollisuuksia biologisiin lannoitteisiin perustuville tuotteille.
- **Pienempi saastumisriski:** Oikein hallitut biologiset lannoitteet aiheuttavat vähemmän ravinnevalumia ja vesien saastumista verrattuna synteettisiin lannoitteisiin.
- **Alhaisemmat hiilipäästöt:** Orgaanisten lannoitteiden tuotanto ja käyttö johtaa yleensä matalampiin kasvihuonekaasupäästöihin kuin synteettisten lannoitteiden valmistus.

Haitat

- **Patogeeniriskit:** Jos lannoitteita ei käsitellä oikein, ne voivat edelleen sisältää patogeenejä tai rikkaruohojen siemeniä, vaikkakin tämä riski on pienempi hyvin hallituissa jalostusprosesseissa.
- **Säätely:** Alueelliset säätelyvaatimukset voivat koskea jalostettujen biologisten lannoitteiden käyttöä ja soveltamista, mikä edellyttää tiettyjen standardien noudattamista.
- **Energian käyttö:** Joidenkin jalostusprosessien, kuten kuivauksen, energian tarve voi olla merkittävä.

- **Varastointivaatimukset:** Jotkut jalostetut biologiset lannoitteet saattavat vaatia erityisiä varastointiolosuhteita, jotta niiden teho säilyy ja rappeutuminen estyy.
- **Käsittelyhaasteet:** Tietyt jalostettujen lannoitteiden muodot, kuten nestemäiset tai rakeistetut, saattavat vaatia erityisiä laitteita levittämiseen.
- **Vaihteleva laatu:** Jalostettujen lannoitteiden ravinneprofiili voi vaihdella käytetyn syötteen ja prosessointimenetelmien mukaan.
- **Korkeammat tuotantokustannukset:** Jalostusprosessit, kuten kompostointi, vermikompostointi tai biokaasun tuotanto, voivat olla kalliimpia kuin käsittelemättömän lannan käyttö.

Esimerkkejä jalostetuista biologisista lannoitteista tomaattien tuotannossa

Esimerkki Norjasta on Den Magiske Fabrikken (Taikatehdas), jonka kapasiteetti on noin 120 GWh biokaasua. Laitoksessa ruokajäte ja karjan lanta muunnetaan biokaasuksi, bio-lannoitteeksi, vermikompostiksi ja vihreäksi hiilidioksidiksi (CO₂). Ruokajäte kerätään noin 1,2 miljoonalta asukkaalta Itä-Norjassa, ja karjan lanta tulee Vestfoldin alueen nauta- ja sikatiloilta.

Biokaasulaitoksen viereen on rakennettu pilottikuplakasvihuone (BBBLS), jossa hyödynnetään biokaasulaitoksessa talteen otettua bio-CO₂ ja kuivatettua nestemäistä mädätettä, sekä mädätteestä tuotettua vermikompostia. Tätä viljelymenetelmää kutsutaan digeponiikaksi, jossa anaerobisen mädätyksen lannoitetuotteet, kuten CO₂, yhdistetään kasvihuonevihannesten viljelyyn. Tämä kestävä järjestelmä tuottaa ilmastoystävällisiä tomaatteja paikallisille supermarketeille. Pelkkä kuplakasvihuoneteknologia säästää 80 % energiasta, ja yhdessä bio-CO₂ ja bio-lannoitteiden käytön kanssa kasvihuone saavuttaa jopa 90 % energiansäästön verrattuna perinteisiin kasvihuoneisiin.

Pyrolyysi

Pyrolyysiratkaisu: Mitä on pyrolyysi?

Pyrolyysi on prosessi, jossa biomassa (kuten puu) kuumennetaan korkeisiin lämpötiloihin—jopa 500-600 celsiusasteeseen—ilman happea (Oslo yliopisto, 2022). Sen sijaan, että orgaaninen materiaali palaisi, se hajoaa kaasuiksi, öljyiksi ja kiinteiksi hiilijäämiksi. Tämä on molekyylien muutos, jossa pitkät ja monimutkaiset molekyylit muuttuvat lyhyemmiksi ja yksinkertaisemmiksi rakenteiksi.

Hakkuuongelma:

Puun massa jää käyttämättä: Hakkuualoilla jopa puolet puun massasta jää usein käyttämättä.

Hyödyt:

- **Uusiutuva energianlähde:** Metsäbiomassaa voidaan käyttää energian tuotantoon, mikä katsotaan uusiutuvaksi ja auttaa vähentämään riippuvuutta fossiilisista polttoaineista.
- **Vähentynyt jäte:** Puujätteiden ja muiden metsäjakeiden hyödyntäminen energiantuotantoon auttaa käyttämään materiaaleja, jotka muuten saattaisivat jäädä jätteeksi.
- **Taloudelliset mahdollisuudet:** Biomassan korjuu voi tarjota taloudellisia etuja, kuten työpaikkojen luomista maaseudulla ja metsäteollisuuden tukemista.

Haasteet:

- **Ekosysteemin vaikutus:** Hakkuut voivat häiritä ekosysteemejä, vahingoittaa villieläinten elinympäristöjä ja johtaa biologisen monimuotoisuuden vähenemiseen. Kestävät hallintokäytännöt ovat tarpeen näiden vaikutusten lieventämiseksi.
- **Hiilidioksidipäästöt:** Vaikka biomassaa on uusiutuvaa, puun kaato ja kuljetus voivat vapauttaa hiilidioksidia ja muita kasvihuonekaasuja, mikä voi vähentää biomassan käytön ilmastohyötyjä energiantuotannossa.
- **Maan käytön muutos:** Metsien muuttaminen biomassantuotantoon voi johtaa metsäkatoon tai maaperän heikentymiseen, mikä vaikuttaa hiilen varastointiin ja maaperän terveyteen.
- **Kestävyys:** Varmistaminen, että hakkuut tehdään kestävästi, eikä ne johda liihakkuisiin tai metsien ehtymiseen, on tärkeä huolenaihe.



Yhteenvetona "Hakkuuongelma" korostaa tarvetta huolelliseen hallintaan ja politiikkoihin, jotka käsittelevät energian tuotannon ja metsänsuojelun kilpailevia vaatimuksia.

Biohiili: Hiilipitoinen ratkaisu

Biohiili on huokoinen, hiilipitoinen materiaali, joka on valmistettu uusiutuvista lähteistä, kuten puusta ja kasveista. Toisin kuin perinteinen kivihiili, joka on uusiutumaton, biohiili muistuttaa luonnon sientä pienine reikinsä ja huokosinensa.



Terra Preta

Amazonin alueella muinainen maaperä, joka tunnetaan nimellä "Terra Preta", rikastettiin biohiilellä, mikä osoittaa sen historiallisen merkityksen maaperän parantamisessa (Pommeresche, 2018). Biohiilen huokoinen rakenne auttaa säilyttämään vettä tehokkaasti, luoden suotuisat olosuhteet kasvien kasvulle. Se myös varastoi ravinteita ja tukee mikro-organismeja, jotka edistävät maaperän terveyttä. Lisäksi biohiilellä on merkittävä rooli hiilen sitomisessa, koska se varastoi CO₂. Yhden kuutiometrin biohiilen lisääminen maaperään voi estää 1000 kg CO₂ päästämisen ilmakehään (Jære, 2017).

Energian tuotanto:

Biohiilellä on myös sovelluksia energiantuotannossa. Se voi korvata vähemmän ympäristöystävällisiä energialähteitä ja sitä käytetään polttoaineena voimalaitoksissa, teollisuuslaitoksissa ja kotitalouksissa lämmön ja sähkön tuottamiseen. Hiilineutraalina materiaalina biohiili tuotetaan kasveista, jotka ovat absorboineet CO₂ fotosynteesin kautta.

Bioöljy: Pyrolyysin alkuperä

Bioöljyä tuotetaan pyrolyysin avulla, ja se on tummanruskea neste, joka sisältää vettä, orgaanisia yhdisteitä, kuten fenoleja, aldehydejä ja ketoneja, sekä pieniä määriä kaasumaisia yhdisteitä. Sen tarkka koostumus vaihtelee pyrolyysin lämpötilan mukaan (O'Toole & Grønlund, 2012).

Bioöljyn sovellukset:

- **Energianlähde:** Bioöljyä voidaan käyttää rakennusten lämmitykseen tai sähköntuotantoon. Se on vaihtoehto perinteisille fossiilisille polttoaineille.
- **Jalostusmahdollisuudet:** Jalostamalla bioöljyä edelleen, siitä voidaan tehdä sopivaa liikennesektorille.
- **Ruokamaailman seikkailut:** Oletko kuullut "nestemäisestä savusta"? Se on mauste, joka valmistetaan bioöljystä ja antaa savustettua makua ruokaan.

Bioöljyn edut:

- Bioöljyä voidaan tuottaa erilaisista biomassalähteistä. Tämä joustavuus varmistaa monipuolisen raaka-aineiden käytön.
- Bioöljyn tuotanto on energiatehokasta, mikä minimoi energiahäviöt. Se voidaan integroida olemassa olevaan infrastruktuuriin (kuten öljynjalostamoihin) (Opdal & Hojem, 2007).

Bioöljyn haitat:

- **Varastointi ja käsittely:** Bioöljy sisältää paljon vettä ja voi olla syövyttävää, mikä vaatii erityistä varastointi- ja käsittelyhuomiota.
- **Energian tiheys:** Sen energiapitoisuus on alhaisempi kuin perinteisillä fossiilisilla polttoaineilla, mikä voi rajoittaa sen käyttöä tietyissä sovelluksissa.

Kaasutus

Kaasutus on termokemiallinen prosessi, joka muuntaa orgaanisia tai hiiltä sisältäviä materiaaleja, kuten puubiomassaa (700-800 °C), kaasuseokseksi, joka tunnetaan nimellä synteetikaasu (syngas). Tämä prosessi tapahtuu korkeissa lämpötiloissa kontrolloidussa ympäristössä, jossa on rajoitetusti happea tai höyryä. Syngasin pääkomponentteja ovat hiilimonoksidi (CO), vety (H₂), hiilidioksidi (CO₂) ja joskus metaani (CH₄).

Historiallinen konteksti: Kaasutuksen juuret

Kaasutus ei ole uusi teknologia – sillä on rikas historia. Jo 1800-luvulla kaasua käytettiin katuväläistuksessa kaupungeissa. Toisen maailmansodan aikana puukaasua käytettiin autojen polttoaineena, koska Euroopassa oli pulaa öljystä (Hofstad, 2020).

Kaasutusprosessi: Mikä on kaasutus?

Se muuntaa biomassan kiinteät tai nestemäiset polttoaineet kaasuksi – erityisesti synteetikaasuksi, joka sisältää vetyä, hiilimonoksidia ja muita kaasuja.

Teknologiaa kutsutaan kaasuttimeksi, ja biomassa kuumennetaan noin 800-1000 asteeseen ilman happea, jolloin syntyy kaasua.



Resurssien moninaisuus:

Kaasutus on monipuolinen resurssien käytössä ja pystyy käsittelemään laajan valikoiman materiaaleja, kuten:

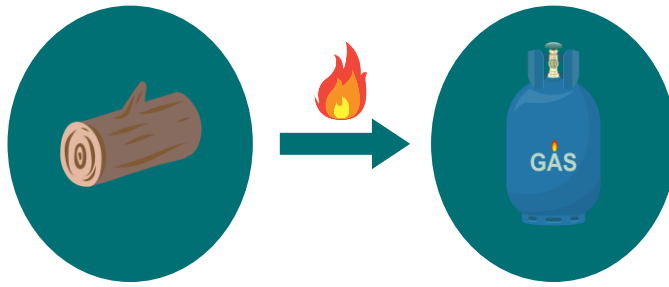
- Biomassa (kuten puu, kuori ja hakkeet)
- Hiili
- Maakaasu
- Orgaaniset jätteet

Edut:

- **Vähentyneet haitalliset päästöt:** Kaasutus minimoi haitallisten aineiden, kuten rikin ja kloorin, päästöt (Hofstad, 2020). Nämä aineet sitoutuvat tuhkaan, mikä pitää ilman puhtaampana ja vähentää happosateiden riskiä.
- **Älykäs resurssien käyttö:** Kaasutus muuntaa jätteen (sekä biologisen että fossiilisen) kaasuksi. Se on kuin muuttaisi jätteen aarteeksi, vähentäen riippuvuutta fossiilisista polttoaineista ja edistäen kestävyyttä.
- **Kierrätettävien metallien säilyttäminen:** Toisin kuin korkean lämpötilan prosessit, jotka vahingoittavat metalleja, kaasutus säilyttää kierrätettävät materiaalit. Arvokkaat metallit voidaan käyttää uudelleen ilman tuhoutumista.

Haitat:

- **Alhainen energiapitoisuus:** Kaasutuksen energiatehokkuus on noin 55 prosenttia (Fornybarklyngen, 2020). Merkittävä osa syöttöenergiasta menetetään, mikä vaatii suurempaa kaasun tuotantoa halutun lopputuloksen saavuttamiseksi.
- **Monimutkaisuus:** Jäte on sekoitus erilaisia aineita, mikä vaikuttaa kaasutuksen tehokkuuteen. Esikäsittely tai jätteen lajittelu voi olla tarpeen (Hofstad, 2020).



Kaasutuksen ja pyrolyysin erot:

- **Tuotteet:** Kaasutus tuottaa vain synteetikaasua (syngas), kun taas pyrolyysi tuottaa bioöljyä, hiiltä ja pienemmän määrän kaasua.
- **Lämpötila:** Kaasutus vaatii korkeampia lämpötiloja (800-1000°C), kun taas pyrolyysi tapahtuu alhaisemmissa lämpötiloissa (500-600°C).
- **Resurssien valikoima:** Kaasutus voi käsitellä laajempaa resurssivalikoimaa, kun taas pyrolyysi rajoittuu yleensä biomassaan ja orgaanisiin jätteisiin.

Pyrolysis	V S	Gassification
<p>Product</p>		<p>Product</p>
<p>Temperature</p> <p>500 - 600°C</p>		<p>Temperature</p> <p>800 - 1000°C</p>
<p>Resources</p>		<p>Resources</p>

Eri tyyppiset termokemialliset muuntoprosessit biomassalle (Mishra & Upadhyay, 2021)

Reitti	Lämpötila (°C)	Paine (MPa)	Pääasialliset tuotteet
Torrifikaatio	230-300	0.1	Kiinteät polttoaineet
Nesteytys	250-330	5–20	Bioöljyt, kaasut
Pyrolyysi	300-600	0.1–0.5	Bioöljyt, kuljetuspolttoaineet
Kaasutus	700-1300	≥0.1	Synteesikaasu (syngas)
Palaminen	700-1400	≥0.1	Lämpö, sähkö

Proteiinien uutto

Proteiinien uutto termisen hydrolyysin avulla: Luonnon rakennuspalikoiden vapauttaminen

Proteiinien uuttoprosessin perusteet: Miksi uuttaa proteiineja?

Proteiinit ovat elintärkeitä elämälle — ne ovat solujen, kudosten ja entsyymien rakennuspalikoita. Proteiinien uutto mahdollistaa näiden arvokkaiden molekyylien hyödyntämisen erilaisiin tarkoituksiin.

Raaka-aineet ja menetelmät:

Proteiineja voidaan uuttaa monista erilaisista proteiinia sisältävistä lähteistä:

- Ruoho
- Eläinperäiset sivutuotteet
- Pavut

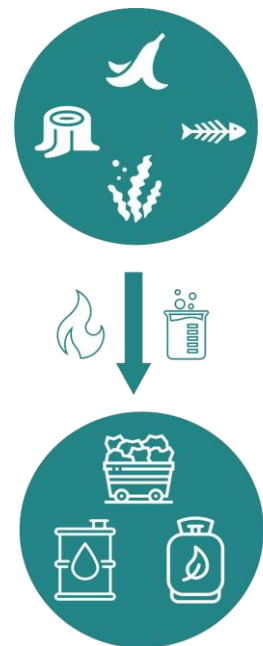
Käytössä on erilaisia teknologioita, kuten:

Vesipohjainen uutto: Yksinkertaisin menetelmä, jossa proteiinit uutetaan sekoittamalla kasvimateriaalia veteen, usein pH säätämällä. Suodattamisen ja sentrifugoinnin jälkeen proteiinit erotetaan muista kasvin komponenteista.

Alkaliuutto ja isoelektrinen saostus: Tässä menetelmässä pH säädetään emäksiseksi, jotta proteiinit liukenevat kasvimateriaalista. Sitten pH lasketaan proteiinin isoelektriseen pisteeseen, jossa se saostuu ja voidaan eristää.

Entsyaattinen hydrolyysi: Entsyymejä käytetään kasvimateriaalin soluseinien hajottamiseen, mikä vapauttaa proteiinit. Tämä on hellävaraisempi prosessi ja auttaa säilyttämään proteiinien toiminnallisuuden.

Terminen hydrolyysi: Termisessä hydrolyysissä käytetään lämpöä ja painetta monimutkaisten orgaanisten molekyylien, kuten proteiinien, hajottamiseen pienemmiksi yksiköiksi. Kasviproteiinien



uuttamisen yhteydessä terminen hydrolyysi auttaa hajottamaan kasvimateriaalin soluseinät ja vapauttamaan proteiineja. Tämä voi lisätä proteiinin saantoa tai parantaa proteiinien sulavuutta. On kuitenkin tärkeää tasapainottaa lämpö ja paine, jotta vältetään proteiinien denaturoituminen, mikä voisi heikentää niiden toiminnallisia ominaisuuksia elintarviketuotteissa.

Termisen hydrolyysin avaaminen: Mikä on terminen hydrolyysi?

Kuvittele kuumentavasi ruohoa (tai muuta raaka-ainetta) ja puristavasi sen saadaksesi nestettä. Tämä neste sisältää proteiineja — arvokkaita aineita, joita etsimme! Jäljelle jäävä ruoho jakautuu kahteen osaan: märkä osa ja kiinteä osa.

Kiinteiden jäännösten käsittely:

Riippuen tavoitteestamme, voimme käsitellä kiinteitä jäännöksiä eri tavoin:

1. **Kuivaus:** Poistamalla kosteuden jäännöksistä saamme stabiilin ja kuivan tuotteen jauheen tai pellettien muodossa. Tämä menetelmä auttaa säilyttämään proteiinipitoisuuden pidempiaikaisessa varastoinnissa ja helpottaa kuljetusta.
2. **Nestemäinen liuos:** Joskus nestemäinen proteiinipitoinen sivutuote on arvokkaampi määrässä muodossaan. Tätä liuosta voidaan käyttää suoraan joissain sovelluksissa tai sitä voidaan jatkokäsitellä eristämään tiettyjä proteiinifraktioita tai ravinteita.

Monipuoliset sovellukset:

Kasviproteiinipitoisia sivutuotteita voidaan hyödyntää luomaan uusi sukupolvi kasvipohjaisia elintarvikkeita sekä ihmisille että eläimille.

- **Lihankorvikkeet:** Kasvava kysyntä eläinperäisten tuotteiden vaihtoehtoille tarjoaa kasviproteiineista valmistetuille jäännöksille lupaavan ratkaisun. Näistä proteiineista voidaan valmistaa teksturoituja lihankorvikkeita, jotka jäljittelevät perinteisen lihan makua ja rakennetta.
- **Proteiinipitoiset patukat ja välipalat:** Voimme luoda patukoita ja välipaloja, jotka ovat sekä proteiinipitoisia että kestävästä lähteistä, kuten ruhosta tai muista kasvimateriaaleista johdettuja!
- **Eläinrehut:** Proteiinit ovat myös tärkeitä kotieläinten terveydelle ja kasvulle. Kasvipohjaisia proteiinisivuvirtoja voidaan lisätä eläinrehuun ravitsemuksen parantamiseksi. Sen sijaan, että tuontaisimme soijaa tai muita proteiinilähteitä, joilla on suurempi hiilijalanjälki, voisimme mahdollisesti korvata ne paikallisesti hankituilla proteiinipitoisilla sivutuotteilla.

Jotkut yritykset kehittävät modulaarisia proteiinin uuttamisjärjestelmiä, jotka on suunniteltu pienempään tuotantoon, tässä yksi esimerkki:

Alfa Laval – Kasvipohjaisen proteiinin prosessointi

[Alfa Laval](#) tarjoaa pienempään mittakaavaan soveltuvia kasviproteiinin prosessointijärjestelmiä, jotka sopivat paikalliseen tai maatilan käyttöön. He tarjoavat valikoiman kasvipohjaisia proteiiniprosessointijärjestelmiä, jotka ovat skaalautuvia ja räätälöitävissä. Heidän ratkaisunsa sisältävät proteiinien uuton, erottelun ja puhdistamisen, ja ne on suunniteltu tehokkaiksi ja kestäviksi.

Fosforin talteenotto

Fosforin talteenotto biologisesta materiaalista, kuten orgaanisesta jätteestä, lannasta tai ruokajätteestä, tarjoaa monia etuja, erityisesti koska fosfori on kriittinen ravinne kasvien kasvuille.

Tässä ovat tärkeimmät syyt fosforin talteenottoon biologisesta materiaalista:

- **Fosfori on rajallinen resurssi:** Fosforia, joka on pääosin peräisin fosfaattikivestä, ei voida uusiutua, ja sen varannot hupenevat. Fosforin talteenotto biologisesta materiaalista tarjoaa kestävästi kierrättää tämä elintärkeä ravinne ja vähentää riippuvuutta kaivetusta fosforista.
- **Kestävä jätehuolto:** Biologiset materiaalit, kuten lanta, ruokajäte ja jätevesi, sisältävät huomattavia määriä fosforia. Sen talteenotto auttaa kierrättämään ravinteita jätteestä, joka muuten lisäisi saastumista. Talteenottamalla fosforia vähennämme jätettä ja ympäristövaikutuksia, kuten ravinteiden valumista, joka voi aiheuttaa rehevöitymistä ja kuolleita vyöhykkeitä vesistöissä.
- **Maaperän hedelmällisyyden parantaminen:** Fosfori on välttämätön juurten kehitykselle, energiansiirrolle ja kasvien yleiselle terveydelle. Fosforin talteenotto orgaanisista materiaaleista ja sen lisääminen maaperään auttaa täydentämään ravinneheikkoa maatalousmaata, ylläpitäen sen hedelmällisyyttä ja tuottavuutta ajan mittaan.
- **Kemiallisten lannoitteiden käytön vähentäminen:** Fosforin talteenotto biologisesta materiaalista auttaa vähentämään synteettisten kemiallisten lannoitteiden tarvetta. Tämä tukee kestävämpää viljelyä ja vähentää ympäristö- ja taloudellisia kustannuksia, jotka liittyvät kemiallisten lannoitteiden valmistukseen ja kuljetukseen.
- **Kiertotalous:** Talteenottamalla fosforia jätteenä olevista materiaaleista maatalousjärjestelmästä tulee kiertävämpi. Ravinteet kierrätetään, mikä tukee kiertoviljelyn periaatteita, vähentäen sekä jätettä että ulkoisten tuotosten, kuten synteettisten lannoitteiden, tarvetta.
- **Maatalouden kysynnän täyttäminen:** Fosfori on yksi pääasiallisista ravinteista, joita tarvitaan ruoantuotannossa, ja sen kysyntä on korkea. Fosforin talteenotto biologisista materiaaleista tarjoaa vaihtoehtoisen lähteen, joka vastaa maatalouden kasvavaan fosforin kysyntään, erityisesti kun globaali ruoantuotannon tarve kasvaa.

Yhteenvetona fosforin talteenotto biologisesta materiaalista edistää kestävyyttä, vähentää ympäristöhaittoja ja tukee maataloustuotannon tehokkuutta kiertävämällä ja resurssitehokkaammalla tavalla.

Koska maailman fosforivarat ovat äärimmäisen rajalliset, talteenottoteknologioiden merkitys on huomattava. Lisäksi nykyiset fosforilähteet ovat yhä enemmän saastuneita ja sijaitsevat vaikeasti saavutettavissa paikoissa, kuten Kiinassa, Marokossa ja Venäjällä, mikä tekee fosforista geopoliittisesti merkittävän resurssin.

[Euroopan kestävä fosforin foorumi](#) (European Sustainable Phosphorus Platform) tarjoaa menestystarinoita fosfaattien talteenotosta maatalouden sivuvirroista ja jätevirroista, kuten lietteestä ja jätevedestä. Euroopan fosforifoorumin mukaan on olemassa monia fosforin talteenottoteknologioita, joista osa on seuraavia:

Anuvia Plant Nutrients	Metawater alkaline ash leaching	RSR (Green Sentinel)
Ash2Phos (EasyMining)	NuReSys	Rubiphos-TTBS
AshDec (Metso Outotec)	P-roc	SIMPhos-process (Cirkel)
Charlene - ReCord	PAKU (Endev)	Sinfert
Ecophos, EcophosLoop (Prayon)	Parforce	Sludge lysis
EuPhore	Pearl (Ostara)	Spodofos (ThermusP)
Flashphos (Uni. Stuttgart, Italmatch)	PHOS4Green (Glatt)	Struvite enhanced: Return streams
GetMoreP (Prayon)	Phos4Life (ZAR – Técnicas Reunidas)	Struvite enhanced: acid (MSE-mobile)
HAIX ion exchange (LayneRTTM)	PHOSPHIX (Clean TeQ Water)	Struvite precipitation
HTCycle		
https://www.phosphorusplatform.eu/activities/p-recovery-technology-inventory?view=article&id=2284:ash2phos&catid=93:nutrient-recovery-technology-catalogue	Phosphogreen (Suez)	SusPhos
ICL	Phosphorce (Veolia)	TerraNova (HTC)
Kemira iron / aluminium phosphate	RAVITA (Helsinki HSY)	TetraPhos (Remondis)
Kubota	Renewable Nutrients	Varcor
LYSTEK	RePeat (Nijhuis Saur Industries)	ViviMag® (Kemira)
		WasStrip (Ostara)

On olemassa useita teknologioita ja hallintajärjestelmiä fosforin talteenottoon. Kaksi merkittävää reittiä ovat struviitin muodostuminen ja fosforin talteenotto tuhkasta.

Struviitin muodostuminen – Fosforin lähde kestäväan maatalouteen

Mikä on struviitti?

Struviitti on mineraali, joka muodostuu, kun tietyt aineet—ammonium, fosfaatti ja magnesium—yhdistyvät nestemäisessä seoksessa. Voit kuvitella sen pieninä kiteitä, jotka muistuttavat hiekkaa tai pieniä kiviä.

Ongelma:

Struviitti voi aiheuttaa suuria ongelmia putkistoissa ja jätevesijärjestelmissä, koska se tukkii putkia ja aiheuttaa häiriöitä (Blytt, 2022).



Struviitin talteenottoprosessi:

- **Keräys ja muodostuminen:** Aloitamme keräämällä jäteveden, joka sisältää struviittia. Seuraavaksi lisätään tietyjä kemiallisia aineita, jotka auttavat struviittikiteiden muodostumisessa. Nämä kiteet sisältävät elintärkeitä ravinteita: fosforia, typpeä ja magnesiumia.
- **Erotus ja eristäminen:** Kun struviittikiteet ovat muodostuneet, ne erotetaan nesteestä.
- **Suodatus tai laskeutuminen:** Tämä vaihe mahdollistaa struviittikiteiden eristämisen.

- **Lannoitepotentiaali:** Eristetyt struviittikiteet ovat valmiita käytettäväksi lannoitteena. Ne ovat fosforirikkaita, mikä on elintärkeä ravinne kasvien kasvulle.

Struviitin talteenoton edut:

1. **Arvokkaan fosforin säilyttäminen:** Fosfori on rajallinen resurssi, ja struviitin avulla voimme hyödyntää sitä paremmin. Talteenottamalla struviittia varmistamme kestävän fosforin saannin maatalouteen.
2. **Vesistöjen suojelu:** Ylimääräinen fosfori vesistöissä johtaa levien nopeaan kasvuun, mikä häiritsee ekosysteemejä. Struviitin poistaminen jätevedestä edistää puhtaampia vesiä.

Struviittia muodostuu ja kiteytyy, kun nesteessä on oikea lämpötila, pH ja riittävä typpipitoisuus ammoniumtyyppinä, magnesiumioneja ja fosforia fosfaattina. Kiteytysprosessin hallitsemiseksi on kehitetty erilaisia teknologioita, jotka ovat saatavilla markkinoilla. Yleensä prosessissa on tärkeää hallita ionien tasapainoa (NH_4^+ , PO_4^{2-} ja Mg^{2+}), ja usein magnesiumia on lisättävä optimaalisten olosuhteiden saavuttamiseksi.

Alankomaissa sijaitseva De Marken maitotila on ottanut käyttöön struviitin talteenottoteknologian biopuhdistamossaan. Useat muut jätevedenpuhdistamot, kuten Berliinissä sijaitseva Waßmannsdorf-laitos, ovat asentaneet vastaavia järjestelmiä, kuten AirPrex[®]-järjestelmän, jolla talteenotetaan struviittia jätevesilietteestä tai biosolidin käsittelyssä. Tämä auttaa vähentämään fosfaattitasoja jätevedessä ja samalla tuottaa markkinoitavaa lannoitetta.

Fosforin talteenotto tuhkasta

EasyMining keskittyy fosforin talteenottoon ja pyrkii ratkaisemaan Euroopan voimakasta riippuvuutta louhitusta fosforista (Blytt et al., 2017). Heidän Ash2[®]Phos-tekniologiansa mahdollistaa fosforin talteenoton jätevesilietteen tuhkasta polttamisen jälkeen. Jopa 90 % fosforista voidaan talteenottaa tästä tuhkasta (EasyMining, 2023).

Kolmivaiheinen prosessi:

- **Hapan vaihe:** Fosfori liuotetaan tuhkasta happojen avulla, jolloin saadaan fosforirikas välimuoto.
- **Emäksinen vaihe:** Välimuoto stabiloidaan jatkokäsittelyä varten.
- **Muunnosvaihe:** Luodaan käyttökelpoinen fosforituote maatalouskäyttöön.

EasyMiningin teknologia hyödyntää jätettä resurssina. Se ei pelkää talteenota fosforia, vaan myös muita arvokkaita metalleja (EasyMining, 2023). Yhdessä Gelsenwasserin kanssa EasyMining rakentaa maailman ensimmäisen fosforin talteenottolaitoksen Ash2Phos-tekniologialla Saksaan. Laitoksen on määrä aloittaa toimintansa alkuvuodesta 2027, ja teknologia tarjoaa kierrätettyä fosforia lannoitteiden käyttöön.

Typen talteenotto

Plasmakäsittely – typen rikastaminen

Mineraalilannoitteiden tuotannossa on kestävyysasteita. Raaka-aineet ovat rajallisia, ja valmistusprosessi perustuu fossiilisiin polttoaineisiin, jotka vahingoittavat ilmastoa. Siksi on tärkeää

tutkia innovatiivisia ja ympäristöystävällisiä menetelmiä, jotka mahdollistavat tarvittavien ravinteiden tuottamisen ilman, että ympäristöä vahingoitetaan.

N2Applied on kehittänyt urauurtavan teknologian, jolla voidaan vähentää typpioksidipäästöjä, jotka ovat voimakas kasvihuonekaasu. Tämä innovaatio mahdollistaa maatalouden ympäristövaikutusten pienentämisen, tehden maataloudesta kestävämpää ja tehokkaampaa. Tekniikka muuntaa ilmakehän typen (N₂), jota kasvit eivät voi käyttää, ammoniumnitraatiksi, joka on kasveille helposti saatavilla oleva ja arvokas ravinne. Teknologia koostuu pääosin kolmesta komponentista: virtalähteestä, plasma-yksiköstä ja absorptiorneista. Prosessi sisältää typen erottamisen ilmasta ja sen yhdistämisen veden kanssa nestemäisen lannoitteen luomiseksi. N2Appliedin teknologia erottuu muista siinä, että lannoite voidaan tuottaa suoraan tilalla, mikä eliminoi kuljetustarpeen ja antaa viljelijöille enemmän kontrollia tuotannosta. Teknologia auttaa myös vähentämään typen oksidien päästöjä, mikä hyödyttää ympäristöä ja ilmastoa.

Tällä hetkellä N2Appliedin teknologiaa käytetään kymmenessä eri kohteessa kuudessa Euroopan maassa.

Norja: Rørosissa N2-laite asennettiin tilalle, jossa se käsittelee lannan 130 lypsylehmästä. Galåvolden Gårdilla asennus hyödyntää paikallisesti tuotettua aurinkopaneelien tuottamaa energiaa.

Tanska: Foulumin laitoksessa on neljä 15 litran reaktoria, neljä 200 litran reaktoria, kaksi 10 m³ reaktoria, kaksi 30 m³ reaktoria ja pääreaktori, joka on kapasiteetiltaan 1200 m³ ja pystyy käsittelemään noin 80 tonnia raaka-ainetta päivittäin. Foulumin laitoksen N2-yksikkö käsittelee tällä hetkellä osan tuotetusta mädätteestä.

Ruotsi: More Biogas, Småland, perustettiin helmikuussa 2011 biokaasulaitoksena, joka tuottaa puristettua ajoneuvopolttoainetta paikalliseen käyttöön Kalmarissa, Ruotsissa. Yhtiöllä on 22 osakasta, joista 18 on lähistön kanan-, sian- ja nautatilallisia Förlösasta, Läckebystä ja Rocknebystä Kalmariin pohjoiseen. Noin 90 000 tonnia substraattia kuljetetaan laitokselle vuosittain. Substraatti koostuu maatilojen tuottamasta lannasta sekä kotitalouksien ruokajätteistä lähikunnista. Yhteistyösopimuksen mukaisesti tämä liete on kuljetettu keskimäärin 7,5 kilometriä laitokselta ja levitetty tiloille, yhteensä noin 3500 hehtaarille maata. Kun N2:den plasma teknologia integroitiin More Biogasin infrastruktuuriin vuonna 2021, se mahdollisti mädätetuotteen käsittelyn, mikä tuottaa tehokkaan orgaanisen lannoitteen.

Ammoniumtypen talteenotto – pesuteknologia

Ammoniumtyyppi voidaan talteenottaa nesteestä nostamalla pH-arvoa lipeällä, mikä muuttaa ammoniumin ammoniakkikaasuksi. Ammoniikki pestään sitten hapolla, joka muuntaa sen takaisin ammoniumnitraatiksi tai ammoniumsulfaatiksi. Tätä teknologiaa käytetään jätevedenpuhdistamoissa, ja yksi esimerkki tästä on suomalainen biokaasulaitos, joka käsittelee jätevesilietettä ja biojätettä.

Esimerkki Suomesta

Forssan energiantuotantolaitos, joka on ollut nimeltään Sallia Energia heinäkuusta 2024 lähtien, on yksi Nevelin omistamista ja ylläpitämistä yli 130 vastaavasta laitoksesta. Laitos tuottaa vuodessa 190 GWh energiaa käyttäen kiinteää bioenergiaa pääpolttoaineenaan, mutta myös jätevesilietettä, ruokajätettä ja eläinperäisiä sivutuotteita. Osa tuotetusta biokaasusta käytetään vesihöyryn tuotantoon, joka on tarpeen teknisessä prosessissa. Osa biokaasusta käytetään sähkön ja lämmön tuottamiseen yhteistuotantolaitoksessa, ja osa puhdistetaan ja rikastetaan biometaaniksi, jota myydään lähitöllä sijaitsevalla biometaanin tankkausasemalla (puristettu biokaasu).

Maatalouden sesongin aikana biolannoitetta annetaan ilmaiseksi lähialueen tiloille lannoitteena. Talvella mädätteen kuiva-aine erotetaan sentrifugien avulla ja varastoidaan kevääseen ja maatalouskauteen saakka, jolloin se lähetetään viljelijöille. Nestemäinen jäännös (rejektivesi) käsitellään lisäksi lipeällä (Na-alkali), joka hajottaa jäljellä olevan liukoisen orgaanisen aineksen. Tämän jälkeen se käsitellään rikkihapolla ammoniumsulfaatin tuottamiseksi. Tämä prosessi erottaa ammoniumin ja nitraatin rejektivedestä.

Osa II: Toteutus ja ratkaisut

Keskeiset haasteet innovaatiolle ja luomistyölle

Innovaatio ja uusien luomusten kehittäminen biotaloudessa kohtaavat erityisiä haasteita. Tässä muutamia keskeisimpiä haasteita:

Teknologian kehittäminen

Yksi biotalouden haasteista on kehittää ja parantaa teknologioita, jotka mahdollistavat orgaanisen materiaalin tehokkaan hyödyntämisen ja ravinteiden kierrätyksen. Tämä voi sisältää biomassan energianmuunnosteknologioita, bioteknologiaa tuotantoprosessien optimointiin sekä menetelmiä ravinteiden kierrätykseen ja talteenottoon. Uusien teknologioiden kehittäminen ja käyttöönotto vaatii merkittävää tutkimusta, investointeja ja testausta.

Esimerkki:

Kustannustehokkaampien ja kestävämpien menetelmien kehittäminen biomassan muuntamiseksi, esimerkiksi bioetanolin tuotannossa selluloosapohjaisista materiaaleista. Haasteena on löytää optimaaliset prosessit, jotka tasapainottavat energiankulutuksen ja tuotantokustannukset.

Markkinoiden ja talouden epävarmuus

Biotalous kehittyy jatkuvasti, ja siihen liittyy usein epävarmuutta markkinamahdollisuuksien ja taloudellisen kannattavuuden suhteen. Biotaluuden tuotteet ja palvelut voivat kohdata haasteita kysynnässä, hinnassa ja kilpailussa vakiintuneiden teollisuudenalojen kanssa.

- **Esimerkki:** Vaikka biopohjaiset muovit voivat olla ympäristöystävällinen korvike perinteisille muoveille, niiden hinta voi olla korkeampi, mikä voi vähentää kysyntää (Fredri & Dorigato, 2021).

Kestävyys ja ympäristövaikutukset

Biotalous kohtaa haasteita, jotka liittyvät kestävyteen ja ympäristövaikutuksiin. On varmistettava, että orgaanisen materiaalin tuotanto ja käyttö tapahtuvat kestävästi ja ottavat huomioon ympäristölliset seuraukset, kuten metsäkadon, vedenkulutuksen, kemikaalien käytön ja kasvihuonekaasupäästöt.

- **Esimerkki:** Orgaanisen materiaalin lisääntynyt käyttö voi aiheuttaa ristiriitoja elintarviketuotannon ja bioekonomisten tuotteiden raaka-ainetuotannon välillä. Esimerkiksi bioenergian kysynnän kasvu voi johtaa kilpailuun maatalousmaasta elintarviketuotannon kanssa. Orgaanisen materiaalin tuotanto voi myös vaikuttaa paikalliseen ekologiaan ja biologiseen monimuotoisuuteen. Metsäkato orgaanisen materiaalin hankkimiseksi voi johtaa uhanalaisten lajien elinympäristöjen menettämiseen ja ekosysteemien muutoksiin.

Poliittiset ja sääntelyyn liittyvät kehukset

Biotalous toimii monimutkaisessa poliittisten ja sääntelykehysten ympäristössä. Haasteita voivat aiheuttaa sääntelyn yhdenmukaisuuden puute, epäselvät säännöt biotalouden tuotteille ja kestävä biotalouden kannustimien puute (Olsen & Torrissen, 2023).

- **Esimerkki:** On olemassa lainsäädännöllisiä rajoituksia jätevesilietteeseen perustuvan bio-lannoitteen käytössä. Myös merilevä- ja hyönteisteollisuus kamppailevat vakiinnuttaakseen asemansa johtuen lainsäädännön rajoituksista tuotemäärityksessä.

Näiden haasteiden ratkaisemiseksi tarvitaan yhteistyötä akatemian, teollisuuden, viranomaisten ja yhteiskunnan välillä. Investoinnit tutkimukseen ja kehitykseen, tukevan politiikan ja sääntelyn suunnittelu, kestävyys- ja ympäristövaikutusten huomioon ottaminen sekä toimenpiteet bioekonomian tietämyksen ja osaamisen edistämiseksi ovat välttämättömiä.

Maa- ja eurooppalainen politiikka

Tässä on joitakin nopeita faktoja poliittisista strategioista, jotka liittyvät kestävämmän tulevaisuuden saavuttamiseen ja joissa biotaloudella on tärkeä rooli. Jos haluat osallistua oppilaita esimerkiksi visailujen ja pelien avulla, [EU Learning Corner](#) -sivusto tarjoaa monia interaktiivisia aktiviteetteja, joita voit valita ja käyttää.

Kysytään oppilailta: Uskotteko, että saavutamme tavoitteet vuoteen 2050 mennessä?

Kuvitelkaa, että on vuosi 2030 ja teillä on oma vihreän sektorin yritys. Mitä olette valmiita tekemään tavoitteiden saavuttamiseksi? Ehkä tuottamaan uusiutuvaa energiaa? Tekemään yhteistyötä tutkijoiden kanssa testatakseen uusia innovatiivisia teknologioita? Keräämään jätteenne, jotta se voitaisiin muuttaa uusiksi tuotteiksi? Istuttamaan puutarhan, joka tarjoaa suojaa ja ruokaa pölyttäjille?

Nyt on aika lisätä tietoa.

Pariisin ilmastopöytäkirja:

Sopimus ilmastonmuutoksen torjumiseksi. Sen tavoitteena on rajoittaa maailmanlaajuinen lämpötilan nousu alle 2°C esiteollisiin tasoihin verrattuna. Jokainen sopimuksen allekirjoittajamaa työskentelee sovittujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Esimerkiksi Ruotsi on sitoutunut olemaan hiilineutraali (nettonolla päästöt) vuoteen 2045 mennessä. Suomi on yksi Euroopan kunnianhimoisimmista maista ja tavoittelee ilmastoneutraaliutta vuoteen 2035 mennessä (Suomen ulkoministeriö). Lähes koko maailma pyrkii saavuttamaan ilmastoneutraaliuden vuoteen 2050 mennessä; ainoat maat, jotka eivät ole allekirjoittaneet Pariisin sopimusta, ovat Iran, Libya ja Jemen.

EU vihreä sopimus (Green Deal)

[Ensiksi voidaan katsoa selittävä video.](#)

Näin tärkeiden tavoitteiden saavuttamiseksi tarvitaan lisää strategioita ja konkreettisia suunnitelmia eurooppalaisella, kansallisella ja paikallisella tasolla. Yhteisen vision saavuttamiseksi EU parlamentti äänesti vuonna 2021 EU vihreän sopimuksen (Green Deal) hyväksymisestä. Tämä asiakirja esittelee suunnitelman ilmastoneutraaliuden saavuttamiseksi vuoteen 2050 mennessä. Se on tiekartta, jonka avulla pyritään muuttamaan EU taloutta tehokkaammaksi käyttämällä resursseja kestävästi, siirtymällä puhtaaseen kiertotalouteen, palauttamalla biologista monimuotoisuutta ja vähentämällä saasteita.

Vihreän sopimuksen keskeiset tavoitteet:

- **Ilmastoneutraalius:** EU pyrkii saavuttamaan nettonollapäästöt vuoteen 2050 mennessä, mikä tarkoittaa kasvihuonekaasujen päästöjen tasapainottamista niiden poistamisen kanssa ilmakehästä.
- **Puhdas energia:** Suunnitelmaan kuuluu strategia kestävämmän energian saamiseksi, erityisesti uusiutuviin energialähteisiin keskittyen ja energiatehokkuutta parantaen.
- **Kestävä teollisuus:** EU aikoo tukea teollisuutta innovoimaan ja nousemaan vihreän talouden maailmanlaajuisiksi johtajiksi, mukaan lukien puhtaampien teknologioiden ja prosessien edistäminen.
- **Rakentaminen ja kunnostaminen:** EU pyrkii parantamaan rakennusten energiatehokkuutta ja vähentämään niiden hiilijalanjälkeä kunnostusten ja suunnittelun parantamisen avulla.
- **Nollapäästöt:** Tavoitteena on ehkäistä ja vähentää ilman, veden ja maaperän saastumista myrkyttömän ympäristön takaamiseksi.
- **Biologinen monimuotoisuus:** EU aikoo suojella ja palauttaa ekosysteemejä ja biologista monimuotoisuutta, sekä maa- että meriekosysteemejä.

EU kiertotalouden toimintasuunnitelma (CEAP) Kiertotalouden toimintasuunnitelma on osa EU:n vihreää sopimusta. Sen tavoitteena on:

- Siirtyä kiertotalouteen kestävä kasvun saavuttamiseksi.
- Vähentää painetta luonnonvaroihin ja estää biologisen monimuotoisuuden häviäminen.

Bioekonomian vaikutukset yhteiskuntaan ja ympäristöön

Biotalous ja työpaikat

Biotalous tuottaa yli 17 miljoonaa työpaikkaa EU. Se edustaa 4,7 % EU

bruttokansantuotteesta ja 8,3 % työvoimasta. Biotalousella on positiivisia heijastusvaikutuksia koko arvoketjuun. Se hyödyttää sekä kaupunki- että maaseutualueita, esimerkiksi:

- **Maaseudun elvyttäminen:** Biotalous voi elvyttää maaseutua luomalla kysyntää paikallisesti tuotetuille biologisille resursseille.
- **Kestävä maatalous ja metsätalous:** Biotaloudelliset käytännöt edistävät kestävä maataloutta ja metsätaloutta, mikä tukee luonnonvarojen säilyttämistä ja parantamista maaseutualueilla.
- **Yhteisöjen voimaannuttaminen:** Luomalla työpaikkoja ja edistämällä taloudellista toimintaa biotalous voi voimaannuttaa maaseutuyhteisöjä ja vähentää kaupunki-maaseutueroja.

Kiertobiotalous luo polun kestäväan kehitykseen ja vaikuttaa suoraan ilmastonmuutoksen hidastumiseen, mikä puolestaan parantaa turvallisuuttamme ja terveyttämme. Mutta kuka sen rakentaa ja miten pienviljelijät voivat osallistua? Vaikka suuret investoinnit voivat olla pienille viljelijäyhteisöille haastavia, se ei ole estänyt yhteisöjä osallistumasta esimerkiksi Euroopan uusiutuvan energian osuuden kasvattamiseen.

[Katso, miten tämä on kehittynyt Euroopassa.](#)

Monet ovat siirtyneet käyttämään termiä "energiademokratia". Energiademokratia tarkoittaa, että yhteisö investoi yhdessä yhteisen energiantuotantolaitoksen rakentamiseen, esimerkiksi osuuskuntana. Esimerkiksi viljelijäyhteisö, joka haluaa hyödyntää jätettään paremmin, mutta asuu kaukana biokaasulaitoksesta, voisi kerätä resursseja yhteen rakentaakseen suuremman biokaasulaitoksen omalle alueelleen ja omistaa sen yhdessä.

Biokaasun ja bio-lannoitteen ilmastohyödyt:

Ilmastohyödyt tarkoittavat kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä. Toimenpiteet, kuten siirtyminen uusiutuvaan energiaan ja metsien säilyttäminen, auttavat rajoittamaan ilmaston lämpenemistä ja lieventämään ilmastonmuutoksen vaikutuksia.

Taloudelliset edut:

- Vihreän teknologian ja uusiutuvien energialähteiden kehittäminen luo uusia työpaikkoja ja stimuloi talouskasvua.
- Riippuvuuden vähentäminen kalliista ja haitallisista resursseista hyödyttää sekä ympäristöä että taloutta.
- Energiatohokkuus ja ilmaston sopeutuminen voivat myös vähentää energiankulutukseen ja infrastruktuuriin liittyviä kustannuksia.

Sosiaalinen hyvinvointi:

Ilmastohyödyt ulottuvat ihmisten terveyteen ja elämänlaatuun.

- Kasvihuonekaasujen aiheuttaman ilmansaasteen vähentäminen pienentää hengityselinsairauksien riskiä.
- Ilmastonmuutokseen sopeutuminen suojelee haavoittuvia yhteisöjä ja auttaa ylläpitämään toimeentuloa ja yhteisöjen resilienssiä.

Kustannusten ja hyötyjen tasapainottaminen:

Vaikka ilmastonmuutoksen torjuminen voi olla kallista, pitkän aikavälin hyödyt luovat kestävämmän ja resilienssimmän yhteiskunnan.

Biokaasun ja lannoitteen käytön ympäristövaikutukset

Otetaan Norja esimerkiksi. Ilmastohyöty ilmaistaan prosentteina. Investoiminen biokaasuun voi tuottaa yli 100 prosentin ilmastohyödyn (Pederstad, 2017).

Esimerkki havainnollistuksesta:

Kuvitellaan ajoneuvo, joka päästää 100 tonnia hiilidioksidiekvivalenteja käyttäessään tavallista bensiiniä. Jos korvaamme bensiinin biokaasulla ja vähennämme päästöjä 100 tonnilla hiilidioksidiekvivalenteja, saavutamme 100 prosentin ilmastohyödyn. Toisin sanoen olemme poistaneet tai vähentäneet kasvihuonekaasupäästöjä, jotka vastaavat fossiilisten polttoaineiden viitearvoa.

Kolminkertainen ilmastohyöty:

Biokaasu ei ainoastaan vähennä päästöjä, vaan se myös edistää:

- Ravinteiden kierrätystä
- Haitallisten kasvihuonekaasujen, kuten metaanin, talteenottoa

Nämä yhdistetyt vaikutukset voivat tuottaa yli 200 prosentin ilmastohyödyn verrattuna tavallisiin fossiilisiin polttoaineisiin (EU, 2018).

Syyt korkeaan ilmastohyötyyn:

Tarkastellaan asiaa neljän pääkohdan kautta:

- **Fossiilisten energianlähteiden korvaaminen:** Biokaasu estää metaanipäästöt ja korvaa fossiiliset polttoaineet, vähentäen CO₂-päästöjä poltosta (Pederstad, 2017).
- **CO₂-päivitys:** Biokaasusta johdettu CO₂ korvaa fossiiliperäisen CO₂
- **Biojalostusjäännökset:** Biokaasu voi korvata mineraalilannoitteet.
- **Jätteen ja lannan käsittely:** Biokaasulaitokset aiheuttavat vähemmän ilmastovaikutuksia kuin vaihtoehtoiset käsittelymenetelmät.

Positiivinen vaikutus tuotannon kasvaessa:

Mitä enemmän biokaasua tuotetaan, sitä suurempi ilmastohyöty. Norja tuottaa tällä hetkellä biokaasua, joka vastaa noin 0,7 TWh (Biogass Oslofjord ja Biogass Norge, 2023). Tuottamalla 2,8 TWh biokaasua voitaisiin mahdollisesti vähentää CO₂-päästöjä noin 552 000 tonnilla vuodessa (korvaten maakaasua) tai 716 000 tonnilla (korvaten dieselin) (Lyng & Berntsen, 2023). Tämä vastaa 6–8 prosenttia Norjan maantiliikenteen päästöistä, riippuen siitä, mitä polttoainetta korvataan (Lyng & Berntsen, 2023).

1. Fossiiliperäisen CO₂ korvaaminen bio-CO₂

Biokaasun puhdistusprosessissa syntyvä CO₂ voi korvata fossiiliperäisen CO₂, jota käytetään eri teollisuudenaloilla. Tämä bio-CO₂ tarjoaa kestävä vaihtoehdon, mikä vähentää teollisuuden riippuvuutta fossiilisista polttoaineista johdetusta CO₂.

2. Biokaasun mädäte kestävä lannoitteena

Biokaasun tuotannon sivutuote, mädäte, kierrättää tehokkaasti ravinteita orgaanisesta jätteestä, tehden siitä ympäristöystävällisen vaihtoehdon kemiallisille lannoitteille.

Kemiallisten lannoitteiden tuotanto on erittäin energiantensiivistä ja riippuu fossiilisista polttoaineista, kun taas biokaasun mädäte vähentää ympäristöhaittoja ja myös typen oksidulipäästöjä. Lisäksi biokaasun mädäte rikastaa maaperää orgaanisella hiilellä, parantaa maaperän laatua ja edesauttaa pitkäaikaista hiilen sitoutumista.

3. Jätteen ja lannan hyödyntäminen biokaasulaitoksissa

Norjassa lannan hallinta on merkittävä päästöjen lähde. Käsittelemällä karjanlantaa biokaasulaitoksissa voidaan vähentää näitä päästöjä lyhentämällä varastointiaikaa, mikä vähentää metaanin ja typpioksiduulin päästöjä. Lannan hyödyntäminen biokaasun tuotannossa voi vähentää kasvihuonekaasupäästöjä merkittävästi – arviolta 55 000 tonnia CO₂-ekvivalentteja vuoteen 2030 mennessä ja 155 000 tonnia vuoteen 2050 mennessä (Lyng & Berntsen, 2023).

4. Biokaasun tuotannon optimointi ilmastovaikutusten maksimoimiseksi

Biokaasun ilmastohyötyjen täysimääräinen hyödyntäminen edellyttää tuotannon ja käytön optimointia. Raakabiokaasun polttaminen ilman energian talteenottoa on hukkaan heitetty mahdollisuus. Biokaasun tuotannon tehokas hallinta varmistaa, että maksimoimme sen potentiaalin uusiutuvana energialähteenä ja sen panoksen ilmastonmuutoksen torjuntaan.

Lisämahdollisuuksia biotaloudessa

Proteiinin uutto ruohosta: Kestävä vaihtoehto eläinrehuksi

1. Haaste: Kestävien proteiini lähteiden löytäminen

Soijarouhe on laajasti käytetty proteiini lähte eläinrehussa, mutta soijaan liittyy ympäristö- ja kestävyysongelmia. Soijan viljely johtaa usein metsäkatoon, erityisesti sademetsissä, ja luo riippuvuuden ulkomaisista toimittajista, mikä voi vaarantaa sekä ekosysteemit että ruokaturvan.

2. Ratkaisu: Ruohon ja apilan bioprosessointi

Haasteisiin vastaamiseksi tutkijat kehittävät skaalautuvaa prosessia proteiinin uuttamiseksi paikallisista resursseista, kuten ruohosta ja apilasta. Nämä kasvit tarjoavat kestävä vaihtoehto soijalle. Raaka ruoho sisältää ligniiniä ja selluloosaa, jotka ovat sulamattomia yksimahaisille eläimille, kuten sioille ja kanoille, mutta bioprosessoinnin avulla siitä voidaan tehdä käyttökelpoinen rehu vaihtoehto.

3. Uutto prosessi

Prosessi alkaa ruohon puristamisella mehun saamiseksi. Tämä mehu kuumennetaan, jolloin liuenneet proteiinit kiinteytyvät. Kiinteät proteiinit suodatetaan, jolloin saadaan konsentroitua proteiinituote, joka voidaan käyttää kestäväksi rehuraaka-aineeksi.

4. Ruohoproteiinin hyödyt

Ruohoproteiini konsentraatti tarjoaa kestävä ja paikallisesti tuotetun vaihtoehto soijalle eläinrehussa, ja sitä on saatavilla sekä märkä- että kuivamuodossa. Käyttämällä ruohoproteiinia viljelijät voivat vähentää riippuvuuttaan tuontisoijasta, pienentää ympäristövaikutuksiaan ja edistää alueellista omavaraisuutta, mikä tukee kestävämpää ja resilientimpää maatalousjärjestelmää.

Maatalousjätteen hyödyntäminen resurssina

Maatalousjätettä pidetään usein ongelmallisena, mutta se voi olla arvokas resurssi.

Sadonkorjuujätteet, kuten olki, kuoret ja varret, ovat runsaasti selluloosaa, joka muodostaa kasvien soluseinien rakenteellisen osan. Näitä jätteitä voidaan käsitellä selluloosakuitujen erottamiseksi.

Kuitujen saaminen

Selluloosakuitujen saaminen maatalousjätteestä edellyttää useita vaiheita. Ensin jäte kerätään ja puhdistetaan. Sitä käsitellään sitten mekaanisilla ja kemiallisilla menetelmillä selluloosakuitujen erottamiseksi muista komponenteista, kuten ligniinistä ja hemiselluloosasta. Tuloksena olevia selluloosakuituja voidaan käyttää eri sovelluksissa, mukaan lukien paperin, tekstiilien ja biokomposiittien tuotanto.

Biomuovien valmistus

Maatalousjätteestä voidaan myös valmistaa biomuoveja. Tärkkelys, joka on yleinen komponentti monissa maatalousjätteissä, voidaan uuttaa ja käsitellä biohajoavien muovien tuottamiseksi. Tämä edellyttää tärkkelyksen käsittelyä pehmittimillä ja muilla lisäaineilla, jonka jälkeen se kuumennetaan ja muotoillaan haluttuun muotoon. Tuloksena syntyvä biomuovi on paitsi biohajoava, myös huomattavasti pienempi hiilijalanjälki verrattuna perinteisiin muoveihin.

Maatalousjäte arvokkaiden yhdisteiden lähteenä

Maatalousjätteet sisältävät arvokkaita yhdisteitä. Monet maatalousjätteet, kuten hedelmien kuoret, siementen kuoret ja sadonkorjuujätteet, sisältävät bioaktiivisia yhdisteitä, joilla on potentiaalisia käyttöjä lääketeollisuudessa ja ravintolisä tuotteissa.

Lääkinnällisten ainesosien uuttaminen

Lääkinnällisten ainesosien uuttaminen maatalousjätteestä sisältää useita vaiheita. Ensin jäte kerätään ja puhdistetaan. Sitä seuraavat uuttamisprosessit, jotka voivat vaihdella kohdeyhdisteen mukaan. Näitä prosesseja voivat olla liuottimen uutto, höyrytislauksella tai superkriittinen nesteuutto. Uutetut yhdisteet puhdistetaan ja niitä käytetään lääkkeiden valmistuksessa.

Ravintolisäaineiden saaminen

Samalla tavoin myös ravintolisäaineita voidaan saada maatalousjätteestä. Ravintolisät, jotka ovat ruoan johdannaisia ja tarjoavat terveyshyötyjä, voivat sisältää antioksidantteja, ravintokuituja ja probiootteja. Monia näistä löytyy maatalousjätteestä. Esimerkiksi hedelmien kuoret ja siemenet ovat usein täynnä antioksidantteja, kun taas sadonkorjuujätteet voivat olla ravintokuitujen lähteitä.

Viiteluettelo

Bernatek R. E., and Kaland, T. (12. January 2023) Alkohol (kjemi) Collected from: https://snl.no/alkohol - kjemi (In Norwegian) [Online Resource]
Biogass Oslofjord og Biogass Norge, (2023) Statistikk. Collected at: https://biogassnorge.no/statistikk (In Norwegian) [Online Resource]
Blytt, L.D., Brod, E., Øgaard, A.F., Johannessen, E., Estevez, E.M.E and Paulsrud, B. (2017) bedre utnyttelse av fosfor, Published by Miljødirektoratet report no. M-848, 2017. Collected from https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M846/M846.pdf , (In Norwegian) [Online Resource]
EasyMining (10. September 2023). ASH2™PHOS. Collected at https://www.easymining.com/technologies/ash2phos2/ash2phos/ [Online Resource]
EU - European parliament (2018) Reducing carbon emissions: EU targets and policies. Collected at : https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20180305STO99003/reducing-carbon-emissions-eu-targets-and-policies [Online Resource]
Fornybarklyngen, 2020
Fredi G. and Dorigato A., (2021) Recycling of bioplastic waste: A review. Advanced Industrial and Engineering Polymer Research, Volume 4, Issue 3, July 2021, Pages 159-177 (In English)
Hannah Ritchie and Max Roser (2021) - "Fish and Overfishing" Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: https://ourworldindata.org/fish-and-overfishing [Online Resource]
Hofstad, K (29. Desember 2020): gassifisering i Store norske leksikon på snl.no. Collected 17. September 2024 fra https://snl.no/gassifisering (In Norwegian) [Online Resource]
Jære, L. (5. October 2017) This ingenious approach not only binds CO2, but also improves the soil. Collected from : https://www.sintef.no/en/latest-news/2017/this-ingenious-approach-not-only-binds-co2-but-also-improves-the-soil/ (In Norwegian) [Online Resource]
<i>Latvia University of Life Sciences and Technologies (2020). Climate friendly agriculture practice in Latvia - Separation of liquid manure and digestate. Report online: https://www.lbtu.lv/sites/default/files/files/lapas/09-Skidro-kutsmeslu-separesana-ENG.pdf</i> [Online Resource]
Lyng K-A., and Berntsen I.C. (2023) Mulighetsrommet for produksjon av biogass i Norge Potensialstudie av aktuelle råstoff, nye teknologier og klimanytte, Norsus report.No OR 06.23 ISBN no: 978-82-7520-911-3 ISSN no: 2703-8610 (in Norwegian) [Online Resource]
Miljødirektoratet, (2022): Klimakur 2030, report M-1625-2020 (The Norwegian Environment Agency) (in Norwegian) [Online Resource]
O'toole, A. and Grønlund, A. (2012) Produksjon av 2. generasjons- biodrivstoff via termokjemiske prosesser - Kunnskapsstatus, kostnader, og potensial for klimagassreduksjon i Norge (in Norwegian) Bioforsk rapport vol 7(112) 2012 (In Norwegian) [Online Resource]

Olsen & Torrissen (04. January 2023) Hva ligger bak begrepet «sirkulærøkonomi»? , Dagsavisen Collected at www.dagsavisen.no/demokraten/debatt/2023/01/04/hva-ligger-bak-begrepet-sirkulaer-biookonomi/
Opdal, O. A., & Hojem, J. F. (2007). Biofuels in ships: A project report and feasibility study into the use of biofuels in the Norwegian domestic fleet. ZERO report, 18.
Pederstad A. (2017) Bærekraft og klimagassreduksjoner for norskprodusert biogass. Kunnskapsgrunnlag og anbefalinger til innkjøpere. Avfall Norge report 11/2017, ISBN 82-8035-035-7 . (In Norwegian) [Online Resource]
Pommeresche, R. (16. April 2018) Biokull - status for forskning og utprøving i Norge, Collected at: https://www.agropub.no/fagartikler/biokull-status-for-forskning-og-utproving-i-norge , In Norwegian [Online Resource]
Rasaq S. Abolore, Swarna Jaiswal, Amit K. Jaiswal, (2024): Green and sustainable pretreatment methods for cellulose extraction from lignocellulosic biomass and its applications: A review, Carbohydrate Polymer Technologies and Applications, Volume 7, 2024, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666893923001172 [Online Resource]
Reis, T., zu Ermgassen, E., & Pereira, O. (2023). Brazilian beef exports and deforestation. Trase. https://doi.org/10.48650/FTSC-RG72 In English [Online Resource]
Spilling, A. J. (19. August 2016) Husdyrgjødsel + fiskeslam = biogass. Collected from web site https://www.nibio.no/nyheter/husdyrgjodsel-fiskeslam--biogass (In Norwegian) [Online Resource]
Stegmann, P., Londo, M. and Junginger, M. (2020). The circular bioeconomy: Its elements and role in European bioeconomy clusters, Resources, Conservation & Recycling: X. Volume 6, 2020, https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2019.100029 (In English)
Mishra. S. and Upadhyay, R. K, (2021) Review on biomass gasification: Gasifiers, gasifying mediums, and operational parameters, Materials Science for Energy Technologies, Volume 4, 2021, thermochemical conversion
Universitetet I Oslo (11. April 2023) Pyrolyse. Collected from the web site. Published 26 February 2022, revised 11 April 2023 https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/p/pyrolyse.html In Norwegian [Online Resource]

Kiitos