

# Tee-se-itse-biokaasun alkeet

by Dominik Jais - <https://beyondbuckthorns.com> - Translation by Lumia Huhdanpaa-Jais

**Saksalaissyntyinen, Suomessa asuva Dominik Jais on kehittänyt tee-se-itse-biokaasujärjestelmiä vuodesta 2012. Kotibiokaasuvoimaloita on rakennettu lukuisiin ekokyliin ja kotitalouksiin eri puolilla maailmaa. Niitä voi käyttää esimerkiksi ruuanvalmistukseen tai veden lämmittämiseen. Tässä artikkelissa Dominik kertoo biokaasun perusteista.**

Eräänä kauniina kesäpäivänä menin paikalliseen hacklab Schaltwerkiin Essenissä, Saksassa. Halusin juottaa jokusia virtapiirejä, jotta saisin interaktiivisen taideteokseni toimimaan seuraavaan näyttelyyni mennessä. Sinä päivänä tapasin lehtori Thomas Henry (TH) Culhanen ja sain ensikosketuksen biokaasuun.

TH kutsui minut kotiinsa ja näytti minulle rakentamansa tee-se-itse-biokaasujärjestelmän, joka muodostui kuutiometrin IBC-muovikontista, letkuista ja pusseista. Hän kertoi kaasuhanosta, kaasusäiliöistä, lämpötilasta, arkeoneista, mikrobeista, ja puhuessaan näytti minulle kaikki järjestelmään tarvittavat osat ja palat. Avasimme kaasuhanan, menimme sisälle ja sytytimme sinisen liekin kaasuheleeseen. Pian laitoimmekin jo ruokaa biokaasulla. Aloin ymmärtää, että tämä yksinkertainen teknologia voisi ratkaista useita ongelmia Syyrian pakolaisleireiltä kaikkien koteihin, vapauttaen meidät riippuvuudestamme fossiiliin polttoaineisiin. Roskat rikkaudeksi. Kuten sanomme Solar C<sup>3</sup>ITIEsissä ja Biogascentralissa: kokeile tätä toki kotona.

## Mitä biokaasu on ja miten se muodostuu?

Biokaasu muodostuu kaasuista

- metaani (CH<sub>4</sub>), jota on biokaasussa noin 50-80%
- hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>), 20-50%
- rikkivety (H<sub>2</sub>S), jota on kaasussa vähäisiä määriä, sekä
- vähäisistä määristä muita kaasuja.

Biokaasu syntyy anaerobisesti hajoamalla, eli kaasu muodostuu täysin ilman happea (O<sub>2</sub>). Mikro-organismit, jotka tuottavat kaasun, ovat arkeoneja. Arkeonit ovat yksisoluisia mikrobeja, jotka muodostavat oman pääryhmänsä ja kuntasensa eliökunnassa. Ne ovat niin sanottuja prokaryootteja kuten bakteeritkin, eli niillä ei ole tumaa solussaan. Arkeonien pääryhmässä biokaasua ajatellen tärkein ryhmä on metanogeenit, jotka tuottavat haluamamme metaanin.

## Ystävämme metanogeenit ja muut mikrobit

Metanogeeniä on runsaasti kosteikoissa sekä märehitijöiden että ihmisten suolistossa. Arvaapa mihin haisevaan ilmiöön ne ovat syypää? Aivan oikein, piereskelyyn. Oletko koskaan kokeillut sytyttää pierua palamaan? Ei kannatakaan (ihan oikeasti, älä yritä tätä kotona!) Kun lehmä tai muu märehittäjä kakkaa, sen jätös täynnä metanogeeniä, joita tarvitsemme biokaasureaktorissa ts. voimalaa perustettaessa. Itse asiassa kakkaa voi laittaa voimalaan jatkossakin, koska siinä on vielä biokaasuksi muutettavaa energiaa jäljellä.

Metanogeenien lisäksi biokaasun muodostamiseen osallistuu monia muitakin mikro-organismeja. Metaanin tuotanto reaktorin sisällä on kolmi- tai jopa nelivaiheinen prosessi, mikäli aerobinen hajottaminen otetaan mukaan laskuihin. Aivan ensiksi reaktorille syötettävä ruoka kannattaa pilkkoa mekaanisesti, mikä helpottaa mikro-organismistävien pureskelutyötä. Periaate on sama kuin silloin, kun itse pureskelemme ruokaa: suurennamme sen pinta-alaa.

# Tee-se-itse-biokaasun alkeet

by Dominik Jais - <https://beyondbuckthorns.com> - Translation by Lumia Huhdanpaa-Jais

Poikkeuksetta reaktorin syöttäminen tarkoittaa myös hapen syöttämistä järjestelmään. Tästä johtuen reaktorin sisällä tapahtuu ensin aerobista hajoamista fakultatiivisten aerobisten mikro-organismien toimesta, kunnes kaikki happi on käytetty. Aerobisesti fakultatiivinen tarkoittaa sitä, että kyseinen mikro-organismi voi käyttää happea, mutta sen puuttuessa jatkaa toimintaansa ilmankin sitä. Hyvä esimerkki fakultatiivisesta mikro-organismista on oluthiiva, joka kasvaa niin kauan, kuin ilmaa on saatavilla, ja kun se on käytetty loppuun, se alkaa tuottaa alkoholia.

Reaktorissa tapahtuva kaasuntuotannon toinen vaihe on mikro-organismien tekemä solunulkoinen hajottaminen entsyymejä käyttäen. Mikro-organismien täytyy hajottaa isommat molekyylit pienemmiksi, jotta nämä mahtuisivat niiden kalvon läpi solun sisälle. Kolmannessa vaiheessa mikro-organismit jatkavat yhdisteiden pilkkomista yhä pienemmiksi osiksi solunsa sisällä. Hajottamisen lopputuotteita ovat lyhytketjuiset rasvahapot, vety ( $H_2$ ) ja hiilidioksidi ( $CO_2$ ).

Viimeisessä vaiheessa tapahtuu itse kaasun muodostus, kun metaania, hiilidioksidia ja rikkivetyä muodostuu.

Tieteellisesti näitä vaiheita voidaan nimittää seuraavasti: hydrolyysi, asidogeneesi eli happokäyminen, asetogeneesi ja metanogeneesi. Mahdollinen järjestys, jonka lopputuotteena on metaani on esimerkiksi seuraavanlainen: hiilihydraatit → sokerit → hiilihappo → etikkahappo → metaani.

## Mikrobeille mukavat olot

Biokaasureaktori on elävä olento, tulta hönkivä lohikäärme, josta käyttäjän täytyy pitää huolta. Jokainen voimala on erilainen, koska niiden mikro-organismien kokoonpano vaihtelee. Koska mikrobit ovat eläviä, niillä on tarpeita. Yksi niistä on lämpötila. Lämpötilan kannalta mikro-organismit voidaan luokitella kolmeen eri lämpötilakategoriaan: psykrofiilit (toiselta nimeltään kryofiilit) eli kylmien ympäristöjen mikro-organismit, mesofiilit (toivelämpötila  $20^{\circ}C - 45^{\circ}C$ ) sekä termofiilit ( $45^{\circ}C - 122^{\circ}C$ ).

Tee-se-itse-biokaasuprojekteissa toimitaan lähinnä kryofiilien ja mesofiilien mikrobien kanssa. Biokaasuteollisuus puolestaan käyttää termofiilejä, koska korkeammassa lämpötiloissa reaktiot ovat nopeampia, jolloin myös metaanin tuotanto on nopeampaa. Kotivoimaloihin ne eivät sovi, sillä niiden käsittely on vaikeaa. Kysymys kuuluukin: mistä saada kryofiilejä mikrobeja omaan kotireaktoriin? Kuten TH asian ilmaisee (vapaasti käännettynä): "Helpointa on löytää ankkalampi tai paikka, missä muuttolinnut pysähtyvät paskalle ja kerätä tällaisen lammen pohjaliejua (engl. "Duck Muck".) Kun tätä liejua yhdistetään mesofiilejä täynnä olevaan lehmän- tai muun märehäjän lantaan, saadaan hyvä reaktorin käynnistysyhdistelmä. Biodiversiteetti etusijalle!

## Reaktorin perustaminen ja tarpeet

Kun metanogeenit ovat valmiina, ne voidaan ympätä reaktoriin. Teknisesti tarkasteltuna reaktori on vedenpitävä säiliö, jossa on syöttöaukko, poistaukko ja kaasun ulostulo. Muovipullo tai kannellinen sadevesitynnyri voisi olla reaktori. Me käytämme yleensä IBC-säiliöitä voimalan rakentamiseen. Säiliöitä on monen kokoisia, mutta yleisin on yhden kuutiometrin säiliö. Niitä löytää helposti käytettynä. Kannattaa kuitenkin varmistaa, että säiliössä ei ole aikaisemmin säilytetty mitään myrkyllistä. Säiliöitä saa usean värisinä, useimmiten ne ovat valkoisia tai mustia. Musta on parempi vaihtoehto, koska se ei päästä valoa sisälle. Monet metanogeenit ovat valoherkkiä; valossa myös epätoivottuja leviä pääsee muodostumaan. Tämän takia myös valkoiset IBC:t täytyy maalata mustaksi tai peittää.

# Tee-se-itse-biokaasun alkeet

by Dominik Jais - <https://beyondbuckthorns.com> - Translation by Lumia Huhdanpaa-Jais

## Lämpötila

Tavoitelämpötila reaktorissa on on 37°C. Alemmat lämpötilat riittävät, mikäli reaktorissa on paljon kryofiilejä, mutta kaasun muodostus on silti vähäisempää. Peukalosääntö kuuluukin: mitä alempi lämpötila, sitä vähemmän metaania.

Lämpötilan ylläpitämiseen on monia keinoja. Ensinnäkin voi nostaa reaktorin ympäristön lämpötilaa. Reaktori voidaan laittaa sisätiloihin, esimerkiksi kasvihuoneeseen. Seuraava vaihtoehto on eristys, joka voidaan toteuttaa monia erilaisia materiaaleja käyttäen. Ekokylä Tamerassa Portugalissa rakensimme reaktorin, joka on eristetty rapatuilla olkipaaleilla, ja toisen, jonka eristimme kalkkistabiloidulla maalla. Talviaikaan molemmat voimat tuottavat paremmin kuin eristämättömät reaktorit.

Suomessa eristys on vain yksi osa ratkaisua, mikäli kaasua halutaan tuottaa talvellakin. Kylmät talvet vaativat reaktorin lämmittämistä. Yksi keino on käyttää lämmintä vettä reaktoria syötettäessä. New Yorkin osavaltion pohjoisosissa rakensimme voimalan, jonka sisällä on käyttövesiputkivyyhtejä, joiden läpi johdetaan kuumaa vettä. Ratkaisu toimii lämmönvaihtimena reaktorin sisällä. On myös mahdollista käyttää osa tuotetusta biokaasusta voimalan lämmittämiseen. Reaktorin alle voidaan laittaa lämmitysmatto. Keinoja on monia.

Joskus ei ole mahdollista pitää reaktoria optimilämpötilassa, mutta ainoa haitta on, että kaasua tulee tällöin vähemmän. Suomessa tee-se-itse-biokaasuyhteisöllä ei ole vielä kokemuksiin perustuvaa tietoa siitä, miten erilaiset eristys- ja lämmitysyhdistelmät toimivat oloissamme. TH teki tutkimusta Alaskassa kryofiilien mikro-organismien käytöstä reaktoreissa. Tämä PDF on löydettävissä internetistä hakemalla.

Pohjimmiltaan lämpötilan ylläpito riippuu reaktorin ympäristöstä. Kuinka voin pitää voimalani lämpimänä Suomessa? Tätä itseltämme kysymällä voimme kehittää sopivia ratkaisuja. Ne ovat varmasti ainutlaatuisia – aivan kuin voimalatkin.

## PH-arvo

Lämpötila ei kuitenkaan ole ainoa tärkeä tekijä. Toinen yhtä oleellinen muuttuja on pH-arvo. Metanogeenit pitävät pH-arvoista 6,8-7,5. Tämä alue on melko kapea, joten sitä kannattaa pitää silmällä, varsinkin jos jokin on vialla – esimerkiksi kaasun tuottaminen hidastuu tai loppuu. Siinä tapauksessa tarkistetaan pH lakmuspaperilla tai lasielektrodilla ja käydään vastatoimenpiteisiin.

Jos voimala esimerkiksi on liian hapan, voidaan käyttää tuttuja kemikaaleja kuten natriumbikarbonaattia eli ruokasoodaa, kalkkia, kalkkivettä tai ammoniakkia (huom: myrkyllistä reaktorille liikaa käytettynä) saattamaan reaktorin pH taas sopivalle tasolle. On tärkeää muistaa, että mikro-organismit puskuroivat muutoksia, joten toivotun reaktion saavuttaminen saattaa kestää.

## Reaktorin ylläpito

Ilman reaktorin ruokkimista mitään ei tapahdu. Ruokinta- eli täyttömäärä riippuu reaktorin viipymästä (HRT, Hydraulic Retention Time). Tämä määre kuvaa sitä aikaa, mikä kuluu reaktoriin lisätyn ruoan hajoamiseen ja muuttumiseen metaaniksi. Yleisemmin sanottuna viipymä on se aika,

## Tee-se-itse-biokaasun alkeet

by Dominik Jais - <https://beyondbuckthorns.com> - Translation by Lumia Huhdanpaa-Jais

minkä yhdiste viettää reaktorissa. Pienissä reaktoreissa pyritään yleensä noin 20-30 päivän viipymään. Tällöin, mikäli voimalan koko on  $1\text{m}^3$ , sinne voi syöttää noin 50 litraa päivässä. Tämä 50 litraa muodostuu noin 25 litrasta kiinteitä aineita ja 25 litrasta vettä.

Ruokin omaa voimalaani ruuantähteillä, vihreillä lehdeillä kuten naateilla sekä leikatulla ruoholla. Pyrin samaan sekoitussuhteeseen kuin kompostissa. Kompostin asiantuntijat puhuvat usein hiili/vety-suhteesta minkä pitäisi olla ymmärtääkseni noin 30/1. David House suosittelee samaa suhdelukua biokaasuvoimaloille kirjassaan "Biogas Handbook". Hän myös julkaisi listan materiaaleista ja kodin biojätteistä ja niiden hiili/vetysuhdeluvuista.

Reaktoreihin voi laittaa monenlaista materiaalia, mutta puumateriaalin kuten hakkeen tai purun lisäämistä pitää välttää. Ne sisältävät lingiiniä, joka käyttäytyy kuin täi tervassa anaerobisessa hajottamisprosessissa. Se yksinkertaisesti kieltäytyy hajoamasta, vaan muodostaa pintalietettä reaktorin yläosaan ja jää sinne kellumaan pitkäksi aikaa. Pintaliete aiheuttaa vain ongelmia, koska ennemmin tai myöhemmin se tukkii kaasu- ja poisteputket. Tätä emme halua – haluamme kaasua!

### Kaasun säilytys

Kaasu täytyy säilyttää jossakin, koska metaani on vahva kasvihuonekaasu. Säilytykseen on useita mahdollisuuksia. Melko yleisiä ovat kaasun säiliöintipussit, joita valmistetaan erilaisista materiaaleista, useimmiten PVC:stä. PVC:tä on kuitenkin vaikea käsitellä. Vierailin yhdysvaltalaisella tehtaalla, jossa pieniä pusseja valmistettiin korkeataajuusjuottamalla. Pusseja tehtiin kannettavan mallin prototyypeiksi, esimerkiksi käytettäväksi pakolaisleireillä. Nämä pussit ovat kevyitä ja edullisia, mutta vaikeita paineistaa ja paineistettaessa täytyy olla kovin tarkkana, ettei riko pussia. Vuodot ovat ikäviä, mutta koska rikkivety haisee mädiltä munilta, ne huomataan helposti ja voidaan korjata nopeasti.

Toinen säilytysmahdollisuus on niin kutsuttu kelluva rumpu (floating drum). Sen periaate on hyvin yksinkertainen: yksi säiliö on toisen sisällä, ja ylempi kelluu vedellä täytetyn alemman päällä. Martin Funkin ja TH:n kanssa kehitin säiliöjärjestelmän IBC-konteista. Se perustuu intialaisten keksimään kelluva rumpu -biokaasujärjestelmään. Siinä käytetään kahta IBC-säiliötä kelluvan rummun rakentamiseen. Se on yksinkertainen säiliöntikeino ja sitä käytetäänkin jo ekokylissä ympäri Eurooppaa ja useissa paikoissa Yhdysvalloissa. Sen etu on, että se on tukeva ja se voidaan paineistaa helposti. Haittapuoli on, että se käyttää vettä ja täytyy siksi suojata pakkaselta.

### Mitä teen tuottamallani kaasulla?

Kun säiliö on täynnä kaasua, voimme viimein sytyttää sinisen liekin. Biokaasua käytetään lähinnä ruuanlaittoon. Tähän tarkoitukseen voi käyttää joko biokaasulle tarkoitettua kaasuhellaa tai muokata normaalista kaasuhellasta sellaisen. Paljon muita käyttöjä en ole itse asiassa nähnytkään. Jotkut tuottavat biokaasusta sähköä generaattoreita käyttämällä. Tekniset edellytykset ovat tässä tapauksessa paljon suuremmat kuin ruuanlaittokäytössä. Kaasusta on poistettava rikkivety, joka muuten syövyttäisi moottorin männät lyhentäen generaattorin käyttöaikaa. Ruuanlaiton ja sähköntuotannon ohella kiinalaiset yritykset myyvät laitteita veden lämmittämiseen ja valaistukseen.

Koska metaani on ilmaa kevyempää, biokaasu on hyvin turvallista. Tähän mennessä en ole kuullut ongelmista pienten DIY-biokaasureaktorien kaasun käytössä. SolarC<sup>3</sup>ITIESin verkkosivuilla on usein kysytyjen kysymysten alla kohdat "Is it safe" ja "But is it really safe", jotka kannustan lukemaan mikäli aihe lainkaan huolettaa.

# Tee-se-itse-biokaasun alkeet

by Dominik Jais - <https://beyondbuckthorns.com> - Translation by Lumia Huhdanpaa-Jais

## Loppusanat

Yksi kysymys, jonka kuulen aina uudestaan, on kuinka paljon kaasua biokaasureaktorilla on mahdollista tuottaa. Vastaus on aina sama: se riippuu. Tee-se-itse-biokaasureaktori on elävä olento, jonka tuottomäärä riippuu siitä, mitä sille syöttää, sen mikro-organismikannasta ja ympäristöstä. Optimioloissa on mahdollista tuottaa suurin piirtein saman verran kaasua kuin säiliön tilavuus on, siis yhden kuutiometrin säiliöllä kuutiometri kaasua päivässä. Tämä puolestaan riittää ruuanlaittokäytössä noin kolmeksi tunniksi.

Jos haluaa valvoa jokaista yksityiskohtaa ja optimoida kaikki muuttujat ja asetukset, saa maksimimäärän kaasua. Ellei optimoi, mutta pitää huolen reaktorista, saa silti jonkin verran kaasua. En yleensä mielelläni edes mainitse numeroita, koska tee-se-itse-projektit eivät ole mielestäni tuoton maksimointiin tähtääviä. Kyse on enemmänkin hauskanpidosta, kokeista ja kokemusten sekä löydösten jakamisesta. Tule kaasun vuoksi, jää yhteisön vuoksi.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC183640/>

<http://www.flandershealth.us/anaerobic-digesters/alkalinity-and-ph.html>

<http://www.solarcities.eu/faq>

<https://www.biogascentral.net/wiki>

<https://beyondbuckthorns.com/node/297>