

HAMKin konetekniikan lisähaun valintakokeeseen 17.12.2018 luettavat artikkelit

Ilmastonmuutoksen vaikutukset teolliseen tuotantoon

(Ilmasto-opas 2017)

Meriin valuu öljyä kolmesta yllättävästä lähteestä

(National Geographic 2014)

Maailman suurin keinoaurinko tuottaa vihreää energiaa

(Tieteen Kuvalehti 2017)

Kokaiinia voidaan ehkä käyttää kivunlievityksessä

(National Geographic 2012)

30.3.2017

Ilmastonmuutoksen vaikutukset teolliseen tuotantoon

Ilmastonmuutos vaikuttaa sekä teollisuuden raaka-ainevarantoihin että teollisiin prosesseihin. Vaikka suurin vaikutus tulee todennäköisesti globaalin markkinakehityksen kautta, voi ilmastonmuutoksella olla merkittäviä vaikutuksia Suomen niille teollisuudenaloille, joiden raakaaineet ovat vahvasti riippuvaisia säästä ja muista luonnonolojen muutoksista.

Teollinen tuotanto Suomessa

Teollinen tuotanto on pitkään ollut olennainen osa Suomen talouden kasvua. Vuosina 1925–2000 teollisuustuotanto on kasvanut keskimäärin lähes 6 % vuodessa. 2000luvun puolella vauhti on hidastunut, ja vuosikasvu on jäänyt alle kolmeen prosenttiin. [\[1\]](#) Kokonaisuudessaan teollisuus työllistää Suomessa noin 400 000 henkeä [\[2\]](#). Bruttokansantuotteessa mitattuna teollisuuden osuus Suomen kansantaloudesta on noin kolmannes, kun alkutuotanto vastaa alle kolmesta prosentista ja palvelut kahdesta kolmanneksesta [\[3\]](#).

Suomen teollisuustuotannon painopiste on siirtynyt puu- ja paperiteollisuudesta koneiden ja laitteiden valmistukseen. Nykyään elektroniikka- ja sähkötuotteiden valmistus on jalostusarvolla mitattuna teollisuuden tärkein toimiala. [\[1\]](#) Kehitys on siis kulkenut kohti aloja, joiden raaka-aineet ovat vähemmän herkkiä ilmastonmuutoksen suorille vaikutuksille.

Suuri osa Suomen teollisesta tuotannosta menee vientiin, joten kansainvälisen talouden kehittyminen vaikuttaa Suomen teollisuustuotantoon voimakkaasti [\[1\]](#). Kansainvälinen talous puolestaan on tiiviisti sidoksissa ilmastonmuutokseen. Ilmastonmuutoksella voi kuitenkin olla myös suoria vaikutuksia etenkin edelleen tärkeälle metsäteollisuudelle sekä ruokaomavaraisuuden kannalta merkittävälle elintarviketeollisuudelle.

Metsäteollisuuden kotimainen raaka-ainevaranto kasvaa

Metsäteollisuus on Suomen ilmastonmuutokselle herkimpiä teollisuuden aloja, sillä sen käyttämät luonnonvarat – metsät – ovat riippuvaisia suotuisista ilmastoolosuhteista. Ilmaston lämpeneminen vaikuttaa metsien kasvuun monella tavalla: kasvukausi pitenee, sateisuus hieman kasvaa, kasvillisuusvyöhykkeet sekä eläin- ja hyönteislajit siirtyvät pohjoisemmaksi. Koivun on arvioitu valtaavan tilaa männyltä ja kuuselta. Kovin nopeasti lajiston muutos ei kuitenkaan voi luontaisesti tapahtua: siinä missä nykyisen ilmastovyöhykkeen odotetaan siirtyvän 150–550 kilometriä pohjoiseen kuluvan vuosisadan aikana, on puuvyöhykkeiden luontainen siirtymisnopeus vain 20–200 kilometriä vuosisadassa. Pidemmät kesät ja kuivat kaudet saattavat aiheuttaa myös kasvavan metsäpalariskin. Myös tuulituhojen odotetaan lisääntyvän. Kokonaisuudessaan puuston kasvun on kuitenkin ennustettu nousevan noin 10–15 % Etelä-Suomessa ja 25–35 % Pohjois-Suomessa, jolloin kotimaisen puuraaka-aineen saatavuus metsäteollisuudelle paranee. On kuitenkin epäselvää, kuinka kasvuvauhdin nopeutuminen vaikuttaa metsäteollisuuden kannattavuuteen, sillä metsä kasvaa tälläkin hetkellä Suomessa hakkuutahtia nopeammin. [\[4\]](#)

Ilmastonmuutoksella voi olla vaikutuksia myös teolliselle prosessille. Routimisen vähentyminen vaikeuttaa puiden talviaikaista korjuuta, altistaa harvennuksissa metsään jätettävät puut entistä helpommin vaurioille, sekä heikentää metsäteiden kuntoa. Toisaalta ohentuva lumipeite saattaisi helpottaa puunkorjuuta talvisin. Kelirikkoajan piteneminen puolestaan lisää konekapasiteetin ja puun varastoinnin tarvetta. Myrskytuhot saattavat aiheuttaa äkillisiä tarjontapiikkejä. Kansainvälisesti vertaillen Suomen metsät ovat monien muiden alueiden metsiä vähemmän haavoittuvaisia, mikä saattaa lisätä kiinnostusta suomalaiseseen metsäteollisuuteen. [\[4\]](#)

Kasvukauden pitenemisellä ja ilman hiilidioksidipitoisuuden kasvamisella voi olla myös vaikutuksia puun käyttöominaisuuksille. Esimerkiksi mäntytukkien käytettävyys sahauskassa ja puuseppien materiaalina voi heiketä, jos männyn sädekasvu lisääntyy. Lehtipuissa taas on havaittu ligniinin ja selluloosan pitoisuuksien vähentyvän ilman hiilidioksidipitoisuuden noustessa. Ilmastonmuutoksen vaikutukset puuraaka-aineen käsittelyominaisuuksiin vaativat jatkossa lisää tutkimusta. [\[4\]](#)

Uusia raaka-aineita elintarviketeollisuudelle

Elintarviketeollisuus on Suomen neljänneksi suurin teollisuudenala metalli-, metsä- ja kemianteollisuuden jälkeen. [5] Noin 85 % suomalaisen elintarviketeollisuuden raaka-aineista on kotimaista alkuperää. Ilmastonmuutos tulee vaikuttamaan maataloudessa tapahtuvien muutosten kautta siihen, millaisia kotimaisia raaka-aineita elintarviketeollisuudella on käytettävissään. Uusien lajikkeiden, kuten maissin, viljely saattaa tulla Suomessa mahdolliseksi kasvukauden pidentyessä ja viljelyvyöhykkeiden siirtyessä pohjoisemmas. Pitkällä aikavälillä muutoksella voi olla vaikutusta myös elintarviketeollisuuden laitosten sijoittumiseen. [4]

Myös elintarviketeollisuuteen vaikuttaa kansainvälinen kehitys. Maanviljelyn hankaloituminen kuivuudesta kärsivillä alueilla ja toisaalta kehittyvien maiden vaurastuminen voivat lisätä suomalaisen ruokaan kohdistuvaa kysyntää. [4]

Muuttuvat sääolosuhteet vaikuttavat rakennusalaan

Ilmastonmuutos voi tuottaa uusia haasteita rakennusosalalle, kun muuttuvat sääolosuhteet vaativat uudenlaisten rakennusmateriaalien ja suunnitelmien käyttöönottoa. Huomiota vaativat esimerkiksi muuttuvat kosteusolosuhteet ja myrskyjen esiintymistiheys sekä roudan sulaminen. Talvisin säiden lämpeneminen voi helpottaa perustöiden tekemistä, mutta toisaalta sateen tuleminen vetenä lisää rakenteiden vaurioriskiä ja kuivattamiskustannuksia. [6] Lisäksi helteet voivat kesäisin tehdä rakennusmailla työn raskaaksi terveydelle. Nykylainsäädännön ollessa voimassa kohoavat lämpötilat merkitsevät todennäköisesti myös pakollisiin taukoihin käytetyn työajan kasvua.



Helteet voivat vaikeuttaa rakennuksilla työskentelyä. © Riku Lumiaro

Ilmastonmuutos vaikuttaa energiansaantiin ja laitosten turvallisuuteen

Yleisesti ottaen teollisuuteen vaikuttavat osittain samat tekijät kuin asutukseenkin. Laitosten lämmitystarve vähenee, mutta toisaalta ilmastointi tulee viemään entistä enemmän energiaa. [7] Myös muutokset energian saatavuudessa ja huoltovarmuudessa vaikuttavat teollisuuteen. Ongelmia voi aiheuttaa myös vesistöjen lämpeneminen, jolloin veden käyttäminen teollisuusprosesseissa viilentämiseen voi vaikeutua. [8] Paloherkkiä aineita käsittelevät teollisuuslaitokset, esimerkiksi kemianteollisuuden alalla, voivat lisäksi kohdata lämpenevässä ilmastossa voimistuvan tulipaloriskin. Toisaalta myös sateisuuden lisääntyessä teollisuuslaitoksia saattavat haitata myös tulvat ja metallirakenteiden nopeutuva korrosio [9]. Myös teollisuuden logistiikalle voi koitua haittaa säähäiriöistä [4].

Lisää tutkimusta tarvitaan

Nykytietämyksen valossa ilmastonmuutoksella ei näytä olevan merkittäviä suoria vaikutuksia muihin teollisuuden aloihin, joskin monissa arvioissa on edelleen vaikeaa ottaa huomioon suurista ilmasto-olosuhteiden muutoksista johtuvien ilmiöiden esiintymistä. [4] Ilmastonmuutoksen vaikutuksista muun muassa suomalaisen kemikaali-, kaivos-, metalli- ja elektroniikkateollisuuden raaka-aineisiin tai prosesseihin tarvitaan tulevaisuudessa lisää tutkimustietoa, jotta mahdollisiin haittoihin voidaan varautua ajoissa.

Lähteet

1. Tilastokeskus. 2007. Suomen teollisuustuotannon kasvun vuodet. (viitattu 24.6.2010) <http://www.stat.fi/tup/suomi90/toukokuu.html>
2. Tilastokeskus. Teollisuustilasto 2008. (viitattu 24.6.2010) http://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk_teollisuus.html
3. Tilastokeskus. Kansantalous 2008. (viitattu 24.6.2010) http://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk_kansantalous.html
4. Marttila, V., Granholm, H., Laanikari, J., Yrjölä, T., Aalto, A., Heikinheimo, P., Honkatuki, J., Järvinen, H., Liski, J., Merivirta, R. & Paunio, M. 2005. Ilmastonmuutoksen kansallinen sopeutumisstrategia. Maa- ja metsätalousministeriö. (viitattu 24.6.2010) http://www.mmm.fi/attachments/mmm/julkaisut/julkaisusarja/5entWjJi/MMMjulkaisu2005_1.pdf
5. Elintarviketeollisuusliitto. (viitattu 28. 6. 2010) <http://www.etl.fi/www/fi/elintarviketeollisuus/index.php>

6. VTT. Rakentamisessa varauduttava jo nyt tulevaan ilmastonmuutokseen. (viitattu 28. 6. 2010)
<http://www.ilmastonmuutos.info/projektit/fi/cfmldocs/index.cfm?ID=29>
7. IPCC, kolmas arviointiraportti. 2001. Yhteenveto päätöksentekijöille. (viitattu 24.6.2010) <http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/finnish/tarwg2-spm.pdf>
8. Hardisty, P. E. 2008. A Climate Change Risk Assessment For Industry. (viitattu 24.6.2010)
<http://www.mees.com/postedarticles/oped/v51n205OD01.htm>
9. Huang, Y.F., Huang, G.H., Hu, Z.Y., Maqsood, I. & Chakmad, A. 2005. Development of an expert system for tackling the public's perception to climate-change impacts on petroleum industry. Expert Systems with Applications, Volume 29, Issue 4: 817-829. (viitattu 24.6.2010)
[http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V03-4GKW5TV-1&_user=949824&_coverDate=11%2F30%2F2005&_rdoc=11&_fmt=high&_orig=browse&_srch=docinfo\(%23toc%235635%232005%23999709995%23607298%23FLA%23display%23Volume\)&_cdi=5635&_sort=d&_docanchor=&_view=c&_ct=25&_acct=C000049124&_version=1&_urlVersion=0&_userid=949824&md5=9b09222e3cdf66aee1a07d5fc8653fd](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V03-4GKW5TV-1&_user=949824&_coverDate=11%2F30%2F2005&_rdoc=11&_fmt=high&_orig=browse&_srch=docinfo(%23toc%235635%232005%23999709995%23607298%23FLA%23display%23Volume)&_cdi=5635&_sort=d&_docanchor=&_view=c&_ct=25&_acct=C000049124&_version=1&_urlVersion=0&_userid=949824&md5=9b09222e3cdf66aee1a07d5fc8653fd)

Tuottajat





Meriin valuu öljyä kolmesta yllättävästä lähteestä

Tiedotusvälineiden otsikoihin pääsevät yleensä vain laajat öljykatastrofit. Meriin valuva öljy on kuitenkin usein peräisin aivan muualta kuin suuronnettomuuksista. Ohessa esitellään kolme yllättävää öljyasteen lähdettä.

National Geographic

Perjantai 25. huhtikuuta 2014

Teksti Christine Dell'Amore og Christina Nunez - Daily News

Otsikoihin nousevat onnettomuudet tuottavat vain pienen osan kaikesta merien öljyasteesta. Tutkijoiden mukaan monille muille saastumisen lähteille, kuten autojen öljyvuodoille, ei uhrata juuri minkäänlaista huomiota.

Pohjois-Amerikkaa ympäröiviin meriin päätyy ihmisen toiminnan tuloksena miljoonia litroja öljyä vuosittain. Vain 8 prosenttia tästä määrästä on lähtöisin vuotavista öljytankkereista tai öljyputkista. Tämä käy ilmi kirjasta "Oil in the Sea III", jonka Yhdysvaltain tiedeakatemian alainen Yhdysvaltain kansallinen tutkimusneuvosto julkaisi vuonna 2003. Kirjaa pidetään öljyvuotoja koskevien tietojen luotettavimpana kokoelmana.

Suurin osa öljysaasteesta ”on aivan muuta kuin kuvat tervan peittämistä rannoista ja tervaan juuttuneista sorsista”, sanoo David Valentine, Santa Barbarassa toimivan Kalifornian yliopiston biogeokemisti.

Alla kolme lähes huomiotta jäänyttä lähdettä, joista Pohjois-Amerikan merialueiden öljysaaste on peräisin.

1. Luonnollinen tihkuminen

Öljyn luonnollinen tihkuminen mereen maanpinnan alla muodostaa Yhdysvaltain tiedeakatemian mukaan öljyn arvioidusta kokonaismäärästä Pohjois-Amerikan vesialueilla 60 prosenttia ja maailmanlaajuisella tasolla 40 prosenttia. Tihkumista tapahtuu silloin, kun – vettä kevyempi – öljy päätyy merenpohjan kalliomuodostumista suuren paineen vuoksi vesipatsaaseen.

Santa Barbaran edustalla Kaliforniassa öljyä tihkuu päivittäin 20–25 tonnia merenpohjan repeämistä. Määrä on suurimpia maailmassa. David Valentine, joka tutkii Santa Barbaran rannikon öljyvuotokohtia, huomauttaa, että meribakteerit, jotka ovat erikoistuneet tietynlaisiin öljymolekyyleihin, käyttävät suuren osan luonnollisesti esiintyvistä öljystä ravinnokseen.

Mutta ”paikoissa, missä öljyä ei tihku luonnostaan, eliöillä ei ole ollut mahdollisuutta sopeutua siihen ja siksi ne reagoivat toisin, jos tapahtuu öljyvuoto tai viemäriputkesta vuotaa öljyä”, sanoo John Farrington, geokemisti ja Yhdysvalloissa Massachusettsissa toimivan Woods Holen merentutkimuslaitoksen entinen dekaani.

2. Autot ja muut maa-ajoneuvot

”Varsin iso ongelma”, toteaa David Valentine, on maanteillä ja muilla pinnoilla oleva öljy, joka rankkasateella huuhtoutuu mereen.

Useimmista autoista tippuu öljyä maahan, yleensä kovalle betonille tai asfaltille, ja lopuksi öljy päätyy mereen. Kuivilla seuduilla, kuten Kaliforniassa, öljyä ehtii sateiden välillä kasaantua asfaltille ja kun lopulta sataa, vesi huuhtoo suuria määriä öljyä mereen.

”Osaamme nykyään paljon paremmin kierrättää moottoriöljyä kuin 40–50 vuotta sitten”, sanoo John Farrington Woods Holen tutkimuslaitoksesta. ”Joka puolella maata on hulevesikaivojen kohdalla kylttejä, joissa sanotaan ’älä kaada tänne öljyä, se päätyy mereen’. Tässä suhteessa saastuminen on siis vähäisempää.”

Farrington painottaa kuitenkin sitä, että monista henkilöautoista ja rekoista yhä tihkuu pikkuhiljaa asfaltille öljyä, joka sitten päätyy saastuttamaan meriä. Ei ole mikään yllätys, että tähän pikku tippa kerrallaan tapahtuvaan saastumiseen ei kiinnitetä lainkaan niin paljon huomiota kuin esimerkiksi Galvestoninlahden öljyvuotoon [maaliskuussa 2014], joka oli paljon helpommin paikannettava ja näkyvä, toteaa David Valentine.

Maalta huuhtoutuva öljyosaaste on ”monimutkainen asia, koska se voi jäädä ja liikkua veden ja sedimenttien välillä, [minkä vuoksi sitä on] hankalaa jäljittää tehokkaalla tavalla.”

Kuuma keskustelunaihe onkin se, miten nämä jatkuvat öljypulssit vaikuttavat ympäristöön ja sen asukkaisiin, Valentine jatkaa. Tutkijat tietävät, että suora öljylle altistuminen aiheuttaa terveyshaittoja eläimille, mutta pienten, toistuvasti esiintyvien öljymäärien vaikutusta luontoon ei niinkään tunneta, hän sanoo.

3. Huviveneet

Huvialuksilla, kuten veneillä ja vesiskoottereilla, ajelevat ihmiset valuttavat usein öljyä mereen.

”Kyse on yleensä virheellisestä käytöstä, inhimillisestä erehdyksestä tai puuttuvasta valmistautumisesta kokemuksesta. Hyvin usein myös yksinkertaisesti välinpitämättömyydestä”, sanoo Aaron Barnett. Hän työskentelee huviveneasiantuntijana Washington Sea Grantissa, joka on Washingtonin osavaltiossa toimiva merentutkimuksen ja valistuksen yhteistyöelin.

”[Huviveneilijät] eivät vain ajattele asiaa. Heidän tarkoituksenaan on pitää hauskaa, heille on tärkeää vapaa-aika ja rentoutuminen. ... Siitä seuraa, että tiettyihin asioihin, kuten esimerkiksi moottorin kunnolliseen huoltoon, ei viitsitä kiinnittää huomiota.”

Aaron Barnett lisää, että veneenomistajat haluavat saada tankkinsa täpötäyteen, samoin kuin he täyttäisivät auton tankin, ja kuumana päivänä polttoaine laajenee ja sitä vuotaa ulos venttiilin läpi. Ja samoin kuin maalta tapahtuvia öljyvuotoja myös huviveneiden vuotoja on ”vaikea jäljittää, koska noin 80:tä prosenttia öljyvuodoista ei ilmoiteta, joten käytännössä ei ole oikein mitään mahdollisuutta tietää”, miten laajalti niitä tapahtuu, Aaron Barnett jatkaa.

Kaiken kaikkiaan, Barnett sanoo, Yhdysvaltain Ympäristönsuojeluvirasto (Environmental Protection Agency, EPA) ”pitää pienten öljyvuotojen ongelmaa hiipivänä kuolemana”.



Koelaitoksen 149 ksenonlamppua turvaavat vihreän superpolttoaineen tuotannon maapallolle. Samanlaisia lamppuja käytetään elokuvateatterien projektoreissa.
© Markus Hauschild/DLR

Maailman suurin keinoaurinko tuottaa vihreää energiaa

Koelaitos nielee neljässä tunnissa yhtä paljon sähköä kuin omakotitalo vuodessa, mutta sen mahdollisuudet ovat myös valtavat: saastuttamatonta polttoainetta kaikille maapallon autoille ja lentokoneille.

National Geographic
Torstai 11. toukokuuta 2017
Teksti Mikkel Skovbo, Tieteen Kuvalehti

Palaisit tuhkaksi silmänräpäyksessä, jos olisit samassa huoneessa, kun lamput sytytetään jättimäisellä salamalla.

Valo on 10 000 kertaa niin voimakas kuin Maahan kohdistuva auringonvalo, ja joka ainoa valohiukkanen on tärkeä, kun Saksan ilmailu- ja avaruuskeskus, [Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt \(DLR\)](#), yrittää erottaa maailman puhtainta polttoainetta, vetyä, tavallisesta vedestä.

Jos saksalaisten suurellinen projekti onnistuu, se voi mullistaa täysin maapallon energiantuotannon.

Aurinko tekee vedestä superpolttoainetta

Keinotekoinen aurinko, joka on saanut nimen Synlight, sijaitsee DLR:n tutkimuskeskuksessa lähellä Kölniä, missä tutkijat kokeilevat vedyn tuottamista aurinkovoimalla toimivassa vetyreaktorissa.

Monet pitävät vetyä tulevaisuuden polttoaineena, koska se palaa tuottamatta hiilidioksidipäästöjä – ongelma on vain se, että sitä ei käytännössä esiinny vapaana Maan ilmakehässä.

Vetyä täytyy valmistaa kemiallisesti elektrolyysillä, missä vettä hajotetaan vedyksi ja hapeksi. Se taas vaatii suuria määriä sähköä.



Keinotekoinen auringonvalo keskitetään vetyreaktorissa alueelle, joka on pienempi kuin A4-kokoinen paperiarkki. Lämpötila nousee yli 3 000 asteeseen. Lämpöenergiaa voidaan käyttää vedyn tuottamiseen.

© Markus Hauschild/DLR

Elektrolyysiin tarvittava energia pitää tulevaisuudessa saada luonnollisesta auringonvalosta – kunhan on kehitetty tarpeeksi tehokkaita aurinkokennoja. Siihen asti tutkijoiden pitää pystyä huolehtimaan vedyn laajamittaisesta tuotannosta Synlightin avulla.

Lopullisena päämääränä on tuottaa 100-prosenttisesti puhdasta polttoainetta 100prosenttisesti puhtaasta energianlähteestä.

Tekoauringolla on hintansa

Tähän mennessä keinotekoinen jättiläisaurinko on maksanut Saksan valtiolle 3,5 miljoonaa euroa, ja se nielee enemmän sähköä neljässä tunnissa kuin tavallinen omakotitalo vuodessa.

Huomattava rahallinen panostus kuitenkin kannattaa.

”Tarvitsemme miljardeja tonneja vetyä, jos aiomme käyttää tulevaisuuden lentokoneita ja autoja polttoaineella, joka ei tuota hiilidioksidipäästöjä”, toteaa DLR:n tutkimuspäällikkö Bernard Hoffschmidt [the Guardian](#) -lehdelle.

Saksalaistutkijalla on tarkoitus kasvattaa laitoksen kokoa kymmenkertaiseksi, kun hänen ryhmänsä hallitsee vedyntuotannon täydessä mitassaan. Sen jälkeen sitten siirrytäänkin luonnollisen auringonvalon hyödyntämiseen.

Vision toteutumiseen kuluu vielä vähintään kymmenen vuotta.



Kokaiinia voidaan ehkä käyttää kivunlievityksessä

Arvoituksellinen mutta ratkaiseva havainto kasvin tavasta tuottaa kokaiinia saattaa edistää uusien anesteettisten lääkkeiden kehittämistä, sanoo biokemistiryhmä.

Tiistai 19. kesäkuuta 2012, teksti Dave Mosher, National Geographic News

Tutkijat ovat selvittäneet ratkaisevan askeleen prosessissa, jolla kokapensas tuottaa kokaiinia. Havainto saattaa avata tien uusiin kipua lievittäviin lääkkeisiin, jotka eivät aiheuta riippuvuutta.

Synkeästä maineestaan huolimatta kokaiini on kemiallisesti samantyyppinen aine kuin moni nykyisin laillisesti käytettävä kivunlievitysaine tai stimulantti. Kokaiinin synnyn ymmärtäminen saattaa siksi johtaa uusiin anestesialääkkeisiin, jotka eivät sisällä riippuvuutta aiheuttavia ominaisuuksia, sanovat tutkimuksen kirjoittajat.

"Kasvit eivät voi juosta karkuun, joten hengissä pysyäkseen niiden on oltava maailman parhaita kemistejä", sanoo yksi tutkimuksen kirjoittajista, saksalaisen kemiallisen ekologian Max-Planck-instituutin biokemisti John D'Auria.

"Ne tuottavat kokaiinia ja muita kemikaaleja, joita muut organismit eivät yksinkertaisesti pysty tuottamaan."

Kemiallisen aineiden hyötyjen maksimoiminen ihmisten hoidossa edellyttää D'Aurian mukaan "kasvien käyttämän tuotantotavan ymmärtämistä ainakin jossain määrin. Jos ymmärtää asian biokemian, voi poistaa epäedulliset ominaisuudet ja säilyttää anesteettiset."

Kokaiinin pitkä lääketieteellinen historia

Etelä-Amerikassa on kasvatettu kokapensasta noin 8 000 vuoden ajan.

"Kokalla on suuri merkitys Etelä-Amerikalle niin viljelykasvina kuin pahamaineisen laittoman huumeenkin lähteenä, mutta sillä on myös pitkä historia lääketieteessä", sanoo D'Auria.

Kokaa viljelleet alkuperäiskansat pureskelivat kokapensaasta lehtiä niin uskonnollisissa rituaaleissa kuin nälän- ja janontunteen lievittämiseksi.

Siitä huolimatta kokaiinin syntytavasta tiedetään edelleen vähän – osin siksi, että kokaiini on ankarasti kielletty. Joillakin yhdysvaltalaisilla laboratorioilla on kuitenkin lupa tuottaa tai tutkia kokaiinia, joka kuuluu niin kutsuttuihin tropaanialkaloideihin.

John D'Auria ryhmineen tutki kokaiinin arvoituksia kokapensasta muistuttavilla mutta laillisilla koisokasveilla, joihin kuuluu esimerkiksi peruna.

Vaikka kokapensas kuuluu eri heimoon kuin koisokasvit, moni koisokasvi tuottaa myöskin tropaanialkaloideja, joista valmistettavilla lääkkeillä voidaan esimerkiksi laajentaa pupilleja tai hoitaa matkapahoinvointia tai vuotavaa mahahaavaa.

D'Aurian ryhmä kuitenkin huomasi, että kokapensaat eivät tuota tropaanialkaloidimolekyylejään samoilla entsyymeillä kuin koisokasvit.

Se on hänen mukaansa yllättävää, koska alkaloidit ovat kompleksisia molekyyleja, joiden tuotannossa on monia vaiheita, ja koska evoluutio yleensä säilyttää parhaat menetelmät eikä keksi niitä uudelleen.

"Toinen asia on se, että koisokasvien juuret tuottavat tropaanialkaloideja. Kokapensas taas tekee sen lehdillään, mikä on valtava ero", sanoo D'Auria. "Näin ollen luonto on kehittänyt kaksi hyvin erilaista tapaa tuottaa samoja yhdisteitä, ja se on mielestäni merkittävä asia."

D'Auria ryhmineen alkoi selvittää kokaiinin syntyvaiheita jauhamalla kokapensaasien lehtiä ja etsimällä entsyymitoimintaa, joka voisi myötävaikuttaa kokaiinimolekyylien syntyyn. Kokaiinimolekyyli näyttää kahdelta hiilipohjaiselta renkaalta, joita yhdistää hapen muodostama sidos.

Viimein he löysivätkin entsyymin – ja sitä koodaavan geenin – joka valmistelee kokaiinin päärenkaan yhtymään bentsoehappoon. Tämä on toiseksi viimeinen askel kokaiinin synnyssä.

Kuinka kokaiinista saadaan lääkettä?

Tutkijoiden seuraava työvaihe on julkaista kokaiinin synnyn viimeistä vaihetta koskeva tutkimus, ja he toivovat myös pystyvänsä jäljittämään kokaiinin syntyprosessin sen alkuun saakka.

Yhdysvaltalaisessa Donald Danforthin kasvitutkimuskeskuksessa lääkeyhdisteitä tutkiva biokemisti Toni Kutchan sanoo, ettei tutkimus ollut mitenkään mullistava, mutta hän tunnustaa sen merkityksen kokaiinin synnyn selvittämisessä.

"Se on yksi monista vaiheista, ja minua kiinnostaakin nähdä heidän seuraavan tutkimuksensa tulokset", sanoo Kutchan.

Kutchan lisää, että häntä kiinnostaisi tietää, miksi kokapensaat alkoivat ylipäänsä tuottaa niinkin monimutkaista molekyyliä.

Tutkimusta kirjoittanut John D'Auria antaa ymmärtää, että kokaiinin luonnollinen käyttötarkoitus saattoi olla pensaan suojaaminen tuhohyönteisiltä.

Aiemmissa tutkimuksissa oli havaittu, että viljeltyjen kokapensaiden suuri kokaiinipitoisuus – jopa 10 prosenttia nuoren lehden kuivapainosta – toimii hyönteismyrkkinä. Arvoitus voitaisiin hänen mukaansa selvittää tutkimalla kasvin luonnonvaraisia esimuotoja.

"Asia kiinnostaa meitä toden teolla, ja olemme jo alkaneet paneutua siihen", sanoo D'Auria ja lisää, että hänen ryhmänsä tutkii paraikaa kuutta kokapensaasien sukulaista laboratoriossa. "Yritämme myös hankkia niitä hyönteisiä, joiden tiedetään syövän kyseisiä kasveja."

Kasvien kokaiinintuotantoa käsittelevä tutkimus on julkaistu *Proceedings of the National Academy of Sciences* -julkaisun verkkoversiossa.

Alkuperäiset artikkelit

Ilmastonmuutoksen vaikutukset teolliseen tuotantoon. 2017. Verkkoaineisto. Ilmastoopas. <<https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/vaikutukset/-/artikkeli/79840ec24723-442b-a6b3-5a2ebc46f6da/teollisuus.htm>>. Luettu 2.10.2017.

Meriin valuu öljyä kolmesta yllättävästä lähteestä. 2014. Verkkoaineisto. National Geographic. <<http://natgeo.fi/luonto/raaka-aineet/meriin-valuu-oljya-kolmestayllattavasta-lahteesta>>. Luettu 2.10.2017.

Maailman suurin keinoaurinko tuottaa vihreää energiaa. 2017. Verkkoaineisto. Tieteen Kuvalehti. <<http://tieku.fi/teknologia/energia/maailman-suurin-keinoaurinkotuottaa-vihreaa-energiaa>>. Luettu 2.10.2017.

Kokaiinia voidaan ehkä käyttää kivunlievityksessä. 2012. Verkkoaineisto. National Geographic. <<http://natgeo.fi/tiede/laaketiede/kokaiinia-voidaan-ehka-kayttaakivunlievityksessa>>. Luettu 2.10.2017.