

Elämän lähteet

Eengt Lindforsin luonnontieteellisistä tarinoista Säkênille suom. -s.s.

Yhdeksänentoista vuosisadan valloitusten joukossa tieteen tante-reella säteilee oppi voiman häviämättömyydestä yhä himmentymättömällä loistolla. Se heittää valonsa fysiikan laajoille tante-reille, se valaisee kemian pimeim-mät sokkelot ja aina biologisten tieteitten tiheimpään aarniometsikköön tunkee sen kirkastava valo. Useimpien luonnolaki-ten pätevyden ulottuessa ainoastaan määrättyjen rajojen sisäpuolelle, näyttää laki voiman häviämättömyydestä omaavan rajattoman pätevyden.

Tieteen historian monien eriskummallisuuksien joukkoon on luettava myöskin se, että kun mainitun teorian keksijä, Robert Mayer, halusi saattaa keksintönsä oppineen mailman tietoon, niin aikakautensa etevin aikakauslehti fysikaalisten tutkimusten alalla kieltäytyi hänen kirjoitustaan julkaisemasta. Häviämättömyysopissa vainuttiin vararikon tehneen luonnontieteen filosofian toisintomuotoa ja vakava luonnontutkijajärki asetti vastarintaan tätä salaisopin uutta muotoa vastaan.

Ja kuitenkin Mayer ei ainoastaan sovelluttanut oppiaan fysiikan alalle, vaan ilmausui myöskin ajatuksen, jonka voidaan sanoa olevan koko uusiaikaisen fysiologian perustana: sen nimittäin, että voimat jotka vaikuttavat elimistöissä, ovat samaa laatua kuin ne voimat, jotka ilmenevät elottomassa luonnossa. Vuotta myöhemmin ilmoitti tanskalainen Colding samoja ajatuksia, lausuen tieteellisen seuran kustannuksella julkaisemassa kirjoituksessaan a-

jatuksensa voiman häviämättömyydestä seuraavalla tavalla:

”Se oli minun täydellisin vakuumukseni, että ne luonnonvoimat, jotka nyt esiintyvät meille sekä elollisessa että elottomassa mailmassa, kasvi- ja eläinkunnassa yhtä hyvin kuin elottomassa luonnossakin, eivät ainoastaan ole olleet olemassa mailman alusta, vaan että samat voimat ovat olleet vaikuttamassa myöskin kehitettäissä mailmaa siihen päämäärään joka oli itsessään luomisessa annettu. Se oli näiden voimien avulla kun taivaankappaleet kehittyivät ensimmäisestä äärettömästä sumujoukkiosta, jossa aikoinaan kaikki oli olemassa. Näiden samojen voimien avulla ne kehittyivät yhä edelleen, ja tulevat kehittymään yhä eteenkinpäin, vieläpä nämä samat voimat antavat koko kasvi- ja eläinkunnalle sen sisällön ja arvon, ihanuuden ja voiman.”

Jos tämä päätelmä on oikea, niin täytyy voimien, jotka jossakin elimistöissä vaikuttavat, olla johdetut siihen ulkoapäin. Ainoa voimalähde, jonka me maapallollamme tunnemme, on aurinko, ja johdonmukaisesti on siis se voima jonka me käytämme, esimerkiksi kävelyretkellä, alkuaan auringosta kotoisin. Mutta mitä teitä auringonvalo vaeltaa ja minkäläisten muutosten alaiseksi se joutuu ennenkuin se elimistöissä ilmenee mekanillisena työnä?

Kasvitieteilijöillä on tähän mennessä ollut erikoisalana vastauksen antaminen tähän kysymykseen. Joutuakseen eläimille saatutettavaan ja käyttökuntoiseen

muotoon täytyy auringon valon ensin imeytyä kasveihin ja näissä muuttua toisenlaiseksi voimaksi (potentiaali-energiaksi): tämä tapahtuu silloin, kun kasvit hiilihaposta ja vedestä muodostavat polttokelpoisia ravintoaineita ja tässä toiminnassaan hyväkseen käyttävät yhden osan auringon valon elävästä voimasta. Näin muodostettujen ravintoaineiden palaessa — yhdentekevä jos palamisprosessi tapahtuu eläimen tai kasvin elimistössä — ilmenee tämä voima uudelleen lämmön muodossa, joka vuorostaan, aivan kuin höyrykoneessa, voidaan siirtää koneelliseksi työksi. Kasvit ovat eläinkunnan suuri energia-säiliö ja kasvien voimanlähde on auringonvalo — näin kuuluu elämän ensimmäinen sääntö.

Viimeisimpinä aikoina on kuitenkin keksitty elijöitä, jotka samoin kuin vihreät kasvitkin itse valmistavat ravintoaineensa, tarvitsematta tähän käyttää auringonvalon apua. Näiden joukkoon kuuluvat ensinnäkin salpietari-itiöt, jotka saavat elämäntoimintaan tarpeellisen energian polttamalla ammoniakkaa salpietarihapoksi; näihin kuuluvat myöskin tulikivi-itiöt, jotka polttavat rikkivetyä vedeksi ja rikkihapoksi, ja näihin liittyvät myös rauta-itiöt, joiden voimanlähde sijaitsee hiilihappoisen rautahapteen hapattamisessa rautahapteenmaki-teistöksi.

*

Kasvikunta on niinmuodoin se leveä kanava jota myöten auringonvalo virtaa sisään joutuakseen käyttövoimaksi eläinkunnan suureen koneistoon. Mutta mitenkä tämä tapahtuu? Millä tavalla muuttuu auringonvalo siksi voimaksi, joka saattaa meidän sydämemme

tykyttämään, meidän käsivartemme taipumaan ja meidän aivomme molekyylit värisemään ajatuksia luovina joukkioina? Kuinka voi kasvi muuttaa valon kevyet aallot siksi voimaksi, joka saattaa sen juuret halkasemaan vuorenrintettä ja kukkasen kääntymään auringon kohti?

Ennenkuin lähdemme vastamaan ylläoleviin kysymyksiin, sikäli kun se nykyään on mahdollista, palauttakaamme muistiimme muuttamia vanhoja muistoja fysiikan alalta, antamatta pelottaa itseämme sillä, että tieteen kieli on kaikkea muuta vaan ei kaunista!

Mitä on voima?*) — näin kuuluu ensimmäinen kysymys, joka tunkeutuu etemme. Fysiikka vastaa: voimaa on jokainen syy joka aiheuttaa liikuntaa tai liikunnan muutosta.

Kun kivääristä lähtenyt kuula särkee puupalkin, niin että sirpaleet sinkoilevat uscalle taholle, on kuulan vauhti nähtävänä syynä sirpaleiden liikuntaan, toisin sanoen, voima on tässä tapauksessa itse liikuntaa. Mutta se olikin ruuti, joka työnsi kuulan kiväärin piipusta. Niin kauan kun ruutia ei oltu sytytetty, oli sen voima toimittomana, mutta syy kuulan liikuntaan oli kuitenkin olemassa itse ruudissa, vaikkakin se asettui toimintaan, tuli tehoavaksi, vasta siten kun nallihatun kipenät sen syytyivät.

Löytyy siis kahdenlaista voimaa: sitä voimaa, joka itsessään on liikuntaa, kutsumme eläväksi voimaksi, sellaista voimaa sitä vastoin, joka vaikuttaa liikun-

*) Voima sanaa siinä merkityksessä kun sitä tässä on käytetty ovat fysiikassa käyttäneet Mayer ja Hemitoltz; samaa asiaa merkitsevät Rankine ja Joule nimellä energia, joka nimitys myöskin on yleisesti käytetty.

taa olematta itse liikuntaa, kutsumme potentiaali-energiaksi eli jännitysvoimaksi.

Oppi energian katoamattomuudesta sanoo nyt, että elävä voima kylläkin muuttuu potentiaali-energiaksi ja päinvastoin, vaan että voima (liikunnan syy) ei milloinkaan voi kadota, vaan että siitä syystä elävän voiman ja potentiaali-energian yhteinen summa aina on yksi ja sama. Laukausta laustaisissa muuttuu ruudin potentiaali-energia eläväksi voimaksi, joka työntää kuulun ulos kiväärin piipusta. Mutta samalla kertaa kuumenee kiväärin piippu ja sen suun edessä salamoi — ruuti on ei ainoastaan pakoittanut kuulaa liikkumaan, vaan myöskin samalla synnyttänyt valoa ja lämpöä.

Se jännitysvoima, joka ruudissa löytyi, on täten, ei ainoastaan muuttunut näkyväksi liikunnaksi, vaan myöskin muodostunut sel-laisiksi liikuntamuodoiksi, joita me tajuamme valona ja lämpönä. Sillä lämpö ei ole mitään muuta kuin yhdistelmä pienempien hiukkasten, molekyylien, liikuntaa, ja se mikä meille kuvastuu valona on tieteen selityksen mukaan sähköön ja magnetismin heiluntaa. Sekä lämpö että valo ovat liikuntaa ja näin ollen elävän voiman muotoja.

Mutta myöskin ruudin potentiaali-energia on kerran ollut ole-massa elävänä voimana. Ruuti on, kuten tiedetään, yhdistelmä salpietarista, hiilestä ja tulikives-tä, ja hiili kuten suurimmaksi osaksi tulikivikin on jätettä entis-ajan kasvullisuudesta, joka on ra-kennettu kuluttamalla auringon valon elävää voimaa. Auringon-valon avulla muuttavat kasvit hiili-happoa ja vettä polttokelpoisiksi aineiksi — sokeriksi, tärkkelyk-

seksi, puuvilla-aineeksi, puuksi ja niin edespäin, ja kun nämä aineet palavat, syntyy uudelleen elävää voimaa, yhden-tekevää sitten josko palaminen tapahtuu pyssynpiipussa tai höyrykoneen uunissa, kasvissa tai ihmisruumiissa.

Eroitus kasvin ja eläimen välillä ei nimittäin fysiologoisessa suhteessa ole läheskään niin suuri kuin me joskus olemme taipuvaiset uskottelemaan. Kasvit hengittävät juuri niinkuin eläimet ja polttavat tällöin hiilihydraatteja*) vedeksi ja hiilihapoksi, ja samoin-kuin eläimet, elävät myöskin kasvit munavalkuaisaineista ja kasvasta. Mutta eroitus on siinä, että kun eläinten on otettava näitä aineita valmiiksi muodostettuina toisesta kädestä, omaavat kasvit kyvyn valmistaa ravintoaineensa kivennäissuoloista, vedestä ja hiili-haposta, ja heidän välttämätöin apulaisensa tässä työssä on auringonvalo.

Tämä tärkeä toiminta suori-taan yksinomaan kasvien viheriä-sissä osissa — siis pääasiallisesti lehdissä ja viheriöissä lehtivanois-sa. Maasta imeytyy vesi juurien ja rungon kautta ylös lehtiin ja veden mukana seuraa aina pieniä eriä kivennäissuoloja, joita löytyy kai-kellisessa maassa; samalla tun-keutuu tuhansista halkeamista (sä-lehalkeamista) ilma hiilihappoi-neen lehtien sisään. Tänne, yrtti-lehtien soluihin, joissa hiilihappo, vesi ja kivennäissuolat yhtyvät, virtaa myös auringonvalo; kuin miljoonan miljoonia vasaranisku-ja lyövät valoallot vesi- ja hiili-happomolekyyleihin, pirstoen niitä

*) Hiilihydraateilla ymmärretään sellaisia aineita, jotka paitse hiiltä sisältävät happea ja vetyä samassa suhteessa kuin vesi; tähän luokkaan kuuluvat tärkkelys, kumi, kasvilima y. m.

atoomeiksi, niin että happi irroit-
tautuu, ja kummatkin kyllästymät-
tömät vesi- ja hiilihappojätteet yh-
tyvät uudeksi yhdistelmäksi, luul-
tavasti formaldehydyiksi, joka ti-
ivistyneenä muuttuu sokeriksi ja
tärkkelykseksi.

Mutta, voisimme kysyä, jos me-
nettelytapa on näin yksinkertainen,
miksi ei silloin sokeria ja tärkke-
lystä muodostu kaikkialla, missä
aurinko paistaa hiilihappopitoi-
seen veteen, lähteissä, lammikois-
sa, viemäreissä, järvisä ja meres-
sä—? Ilmeisesti johtuu tämä sii-
tä, että olosuhteet kasvin työkam-
mioissa ovat aivan erityisessä
määrässä edulliset tätä toimintaa
varten, ja yksi vaikuttava syy on
senlisäksi olemassa: jotta auringon-
valo voisi aiheuttaa tärkkelyk-
sen muodostumista vaaditaan eh-
dottomasti erään viheriän väriai-
neen läsnäoloa, jota ainetta nimi-
tetään klorofylliksi; toisin sanoen,
ainoastaan viheriöillä kasveil-
la on kyky muuttaa hiilihappoa ja
vettä tärkkelykseksi.

Kuten tiedetään perustuu valo-
kuvaus auringonvalon kykyyn ha-
jottaa kloorihapetta, ja jo viime
vuosisadan alussa huomattiin, et-
tä tavalliseen valkoiseen auringon-
valoon sisältyvistä säteistä siniset
ja punaiset säteet ovat niitä, jotka
kaikista voimakkaimmin vaikutta-
vat kloorihapteen. Tämän tieteen
saattoi otaksua, että samat säteet
vaikuttavat voimakkaimmin myös-
kin hiilihappoa hajotettaissa, mut-
ta tässä näyttää suhde olevan toi-
senlainen: ne säteet, jotka etupääs-
sä matkaansaattavat sokeri- ja
tärkkelysmuodostuman, eivät ole
punasinisä, vaan sinisiä ja puna-
sia. Auringonvalossa löytyvät
viheriäiset säteet ovat sitävastoin
täydellisesti kelpaamattomia vihe-
riöille kasveille, niitä käyttävät
sensijaan hyväkseen miinkutsutut

punalevät, joilla punainen väriai-
ne tekee saman tehtävän kuin
klorofylli viheriöillä kasveilla.

Toinen kysymys on ilmeisesti
se, miten suuri osa auringonvalon
elävästä voimasta tärkkelystä
muodostettaissa muuttuu potenti-
aali-energiaksi. Tarkkojen tutki-
musten ja laskelmien avulla pääsi
Julius Sachs 1879 luvulla siihen
tulokseen, että esimerkiksi auringon-
kukan lehdet muodostavat noin
1.6 grammaa tärkkelystä tunnisi-
sa neliömetrin suuruisella lehtia-
lalla; myöhemmin tehdyt tutki-
mukset osoittavat vastaavan luvun
näikengillä olevan 2.3 grammaa,
tupakintaimella 1.3 grammaa, tul-
paanilla 1.2 grammaa j. n. e. Nyt
on ilmeistä, että se lämpöenergia
joka syntyy mainittua tärkkelys-
määrää poltettaissa, on mittana
sille osalle auringonvalosta mikä
tärkkelystä muodostettaissa tuli
kulutetuksi. Kun tärkkelyksen
palamislämpö on miltei yhtä suuri
kuin puun, ja kun gramma puuta
poltettaissa synnyttää 4.3 lämpö-
yksikköä, niin vastaa yhdessä ne-
liömetrissä auringonkukanlehtiä
tunnin ajalla muodostettu tärkke-
lysmäärä 6.5 lämpöyksikön arvos-
ta elävää voimaa. Toiselta puolen
edustaa auringonvalon kokonais-
energia (samalla ajalla ja saman-
suuruksella pinnalla) yhteensä 600
a 700 lämpöyksikköä, ja yksinker-
taisen jakolaskun avulla saamme
sitien selville, että lehdet tärkke-
lyksen valmistukseen kuluttavat
noin 0.8 prosenttia auringonvalon
elävästä voimasta. Tämä siinä
tapauksessa, että lehdet ovat su-
oranaisen auringonvalon alaisena;
verhotussa valossa muuttuu suhde
hieman toisenlaiseksi, niin että au-
ringonvalon elävästä voimasta
noin 2.7 prosenttia silloin tallettau-
tuu potentiaali-energiaksi lehdis-
töön.

Moimen vähennys näyttää verrattain mitättömältä ja kuitenkin on auringonvalon tärkkelystä muodostava voima tämän kautta täydellisesti kulutettu loppuun. Sillä jos esimerkiksi nuppineuloilla kiinnitämme yhden lehden toisen lehden alle, joka on auringonvalolle alttiina, niin voimme helposti tulla vakuutetuksi siitä, että alimmaisessa lehdessä ei mitään tärkkelystä muodostu; ne siniset ja punaiset säteet, jotka klorofyllin avulla voivat hajottaa hiilihappoa, on ylempänä ollut lehti jo käyttänyt hyväkseen, ydentekevä siten miten ohut tai läpikuultava ylimmäinen lehti on ollut. Tämän yhteyteen liittyy kasvien halu muodostaa elimiä, joilla on mitätön vahvuus, mutta sen sijaan mahdollisimman laaja pinta klorofyllipitoisia kudoksia; ja semmois-sakin tapauksissa, joissa ilmanalan kuivuus saattaisi kasvin lehtimuodostumat vaaraan, (kaktuskasvit ym.) näemme että viheriä kudokset muodostaa ainoastaan ohuen verhon kasvin ympärille, jota vastoin kasvien sisustäyte on muodostunut klorofyllivapaasta vesikudoksesta.

Kun tiedämme, että hiilihapon sulautumisessa kulutetaan vissi määrä auringonvalon punaisia ja sinisiä säteitä, niin voisimme ehkä odottaa että tärkkelystä muodostuvilla lehdillä olisi eriyvä väri tai ainakin eriyvä värivaihdus verrattaissa niitä toisiin lehtiin joissa tärkkelyksen muodostaminen syystä tai toisesta on estynyt; viimeainitussa tapauksessa tulke näet lehti läpäsämään siniset ja viheriät valosäteet, joita toisessa tapauksessa käytettiin tärkkelyksen muodostamisessa. Todellisuudessa onkin tämä päätelmä aivan oikea, sillä supistuksella ainoastaan, että meidän silmämme

ei ole kylliksi valonarka havaitsemaan eroitusta; termoelementin kanssa mitattaissa on kuitenkin voitu osottaa, että lehti läpääse huomattavasti vähemmän valoa, ollessaan hiilihappoisen ilman ympäröimänä kuin silloin kun sitä pidetään hiilihappovapaassa ilmassa ja siltä nimollen puuttuu aineistoa tärkkelyksen muodostamiseen

Ne luvut, joita täten on saatu, osottavat jonkun verran suurempaa valonkulutusta kuin mitä muodostettujen hiilihydraattien palamislämmön perusteella voitaisi odottaa. Tämä suhde kuitenkin pikemmin vahvistaa kuin kumoo laskelmien pätevyuden, sillä huomattava on, että kasvien täytyy ei ainoastaan muuttaa hiilihappoa ja vettä tärkkelykseksi, vaan myöskin muodostaa maasta saadut kivennäis-suolat ravintoaineiksi. Salpietarihappoisia ja rikkihappoisia suoloja käyttää kasvi valmistukseen itselleen niin erittäin tärkeitä munavalkuaisaineita, joita voidaan käsittää muunnettujen hiilihydraattien, tulikiven ja typen yhdistelminä. Typpi ja tulikivi tarttuvat kuitenkin kasville salpietarihapon ja rikkihapon muodossa, ja samoinkuin hiilihapon täytyy niiden ensin muuttua polttokelpoisiksi aineiksi, ennenkuin ne kasvielimistöön voivat yhdistyä.

Tämäkin prosessi tapahtuu, mikäli nyttemmin varmasti tiedetään, pääasiallisesti viheriöissä lehdissä auringonvalon vaikutuksesta. Sopivien kemiallisten aineiden avulla voidaan havaita, miten salpietarihappo (kalkin ja kalisuolojen muodossa), kohoaa ylös rungon kautta, imeytyy lehtiin ja katoaa niissä, jos ne asetetaan tarpeellisen valaistuksen alaisiksi. Tätä ei voida muulla tavalla selittää kuin siten, että salpietarihappo on vä-

hentynyt, toisin sanoen muuttunut polttokelpoiseksi aineeksi, luultavasti niinkutsutuiksi amidohapoiksi, joita sitten käytetään rakennuskivinä äärettömän moniyhteisiä munavalkuaisaineita rakennettaissa. Samoin on laita tulikivenkin: sitäkin kasvi ottaa maasta ja muuttaa sen lehdistössään auringonvalon myötävaikutuksella polttokelpoisiksi rikkiyhdistelmiksi, jotka ottavat osaa munanvalkuaisaineiden muodostumiseen.

Kiitos belgialaisten tutkijain Laurent'in, Marchal'in ja Carpioux'in tutkimusten, joita itävaltalainen Stoklasa on vahvistanut, tiedämme nyttemmin, että lehdistössä tapahtuvassa munavalkuaisainemuodostuksessa punasiniset ja vielä suuremmassa määrässä meidän silmille näkymättömät aito-punasiniset säteet antavat muodostumisessa tarpeellisen energian. Tämä selittää erään mielenkiintoisen havainnon, jonka uusaikaisen kasvifysiologian perustaja Julius Sachs teki jo lähes puolisen vuosisataa takaperin. Sachs viljeli erästä kasvilajia (*Tropaeum majus*) eräänlaisten kaksoisikkunain takana, joiden välimaa yhdessä tapauksessa oli täytetty puhtaalla vedellä, toisessa tapauksessa kiniinisulfaattiliuoksella, joka estää aito-punasinisten säteiden läpikäynnin. Ne taimet, joita kasvatettiin tavallisen vesiliuoksen takana, kehittivät aivan luonnollisesti, kukkivat ja hedelmöivät; nekin taimet, joita kasvatettiin kiniinisulfaattiliuoksen takana, kasvoivat ruokoa ja lehtiä, mutta kun kukkimisaika lähestyi, niin muodostui niissä ainoastaan pieniä näivettyneitä nappuja, jotka kuivivat pois kukkimatta ja hedelmää kantamatta. Kun otamme huomioon, että siemenjauhin ja siemenainesten muodostumiseen kuluu melkoi-

nen määrä munavalkuaisainetta, ja että tämä aines suurimmaksi osaksi muodostetaan aito-punasinisten säteiden avulla, niin selvää meille täydellisesti Sachs'in kokeilujen tuottama tulos. Mutta omista on kaikessa tapauksessa, että sikiöllinen aines, joka on kasvin potentiaalisen kuolemattomuuden kantajana, muodostetaan sädeaaltojen avulla, jotka ovat niin kevyitä ja hienoja, että meidän aistimme eivät voi niitä havaita.

*

Paitsi klorofyllipitoisten kasvien paljoutta löytyy eräitä ryhmiä alhaisella asteella olevia eliöitä, joilla, samoinkuin kasveillakin, on kyky valmistaa elottomista aineista — hiilihaposta, vedestä ja kiivenäissuoloista — kaikkia niitä elollisia yhdistelmiä, joista heidän rakenteensa on muodostettu, mutta jotka voimalähteenään eivät käytä auringonvaloa, vaan siten energiaa, joka syntyy vissien elottomien aineiden, nimittäin amoniakin, rikkivedyn ja rautaoxidulin palaessa.

Jo pitemmän aikaa olemme tienneet, että se salpietarihapo, jota kalkki ja kalisuolojen muodossa löytyy miltei kaikenlaisessa maassa, kehittyä ammoniakkin happeutuessa, joka ammoniakki syntyy typpipitoisten aineiden mädäntyessä maassa. Kuusikymmenluvun alkupuoliskolla ilmilausui Pasteur ajatuksen, että salpietarihappautuminen on erityisten eliöiden aiheuttama, samoinkuin etikkahapon muodostaminen spriistä, ja tämä otaksuna sai pian senjälkeen vahvistuksen, kun huomattiin että salpietarihappautumista maassa voitiin ehkäistä kloroformihöyryjen avulla. Näiden eliöiden eristäminen tarjosi kuitenkin erittäin suuria vaikeuksia, syystä kun

maassa löytyy miltei lukematon määrä kaikenlaisia itiöitä. Tämä on vihdoinkin onnistunut venäläiselle Winogradskylle, joka salpietaria muodostaville itiöille on antanut nimen nitromonaadeja.

Winogradsky huomasi pian, että nämä nitromonaadit saattoivat elää ravintoliuksissa, joissa ei löytynyt hituistakaan elollista ravintoainetta. Viljellessään niitä ravintoliuksissa, jotka, paitse rikkihappoisia ja fosforihappoisia suoloja, sisälsivät ainoastaan yhtä lajia amoniakkisuolaa, kehittyivät ja lisääntyivät nitromonaadit erittäin vilkkaasti, ja aivan yhtä hyvin pimeässä kuin auringonvalossakin. Samalla muuttui amoniakki salpietarihapoksi, niin että jonkun ajan kuluttua kaikki amoniakki oli kadonnut, mutta sensijaan olivat itiöt lisääntyneet muodostaen punnitsemisarvoisen joukon elollista ainetta.

Mistä olivat nyt nitromonaadit saaneet elämäntoimintaan tarpeellisen energian? Ei ainakaan auringonvalosta eikä liioin elollisista ravintoaineistakaan. Ainoa selitys on ilmeisesti se, jonka Winogradsky on antanut: nitromonaadit saavat energiansa polttamalla amoniakkia salpietarihapoksi. Tällöin syntyy lämpöä, ja osa tästä lämmöstä käytetään hiilihydraattien muodostamiseen jne., tekee siis saman tehtävän kuin auringonvalo viheriöille kasveille.

Tutkimukset sellaiset kun Winogradskyn harjottamat tarjoavat erinomaisen suuria teknillisiä vaikeuksia ja vaativat huolellisuutta, josta asiantuntemattomalla tuskin on aavistustakaan. Että kaikki asiat, joita kokeissa käytettiin, useimman kerran puhdistettiin rikkihapolla ja manganihapetetulla kalilla, että käytetyt suolat uudesti kristalloitiin ja kuumennettiin, et-

tä puuvillatulppien asemesta käytettiin asbestotulppia — on itseltään luonnollista.

Mutta tämänkaltaisia tutkimuksia täytyy luonnollisesti toimittaa laboratoriossa, jossa, kuten tiedetään alituisesti parisen kaasuliekkiiä on tulella, ja tässä on jo olemassa rasittava virheen mahdollisuus. Kaasun palaessa muodostuu ensinnäkin pieniä eriä salpietarihappoa, jotka voivat sekaantua ravintoliuvoksiin ja aiheuttaa erehdyksiä. Tämä sinänsä on jo kylläkin ikävää, mutta vieläkin ikävämpää on, että kaasun epätäydellisesti palaessa, itse kaasuliekkiin muodostuu haihtuvia elollisia aineita — etikkahappoa, aldehydiä, j. n. e., jotka halukkaasti imeytyvät vesiliuoksiin. Näin ollen on ajateltavissa mahdollisuus, että kaikista varovaisuustoimenpiteistä huolimatta, on jouduttu työskentelemään ravintoliuvosten kanssa, jotka todellisuudessa ovat sisältäneet elollisia aineita, sen sijaan että on kuviteltu työskentelevän puhtaiden kivennäis-suolaliuvosten kanssa.

Itse asiassa on sentapaisia huomautuksia tehty Winogradskyn tutkimuksia vastaan, mutta uudistetut kokeilut ovat täydellisesti todenneet hänen lausuntojensa pätevyyden. Lisäksi on Winogradsky onnistunut toteamaan, että salpietarihappomuodostuman aiheuttavat kaksi eri itiötä, joista toinen muuttaa ammoniakkin salpietarihappemaksi, toinen sen sijaan salpietarihappeman salpietarihapoksi.

Miltei vieläkin merkillisemmät kuin nitromonaadit ovat niinkutsut tulikivi-itiöt. Näitä löytyy rikkilähteissä, viemäreissä ja ylimalkaan kaikkialla, missä elollisia aineita mätänee rikkivetyä muodostettaissa. Kauan aikaa oletettiin, että tulikivi-itiöt aiheuttavat rikki-

vetymuodostuman, vasta Winogradskyn tutkimusten kautta on tullut todetuksi, että tulikivi-itiöt sen sijaan polttavat rikkivetyä vedeksi ja rikkihapoksi.

Mikroskopin avulla voidaan saada varmuus siitä, että tulikivi-itiöt, samoin kuin toisetkin itiöt, ovat pieniä kepinmuotosia eliöitä, jotka muodostavat ketjuja tai lankoja, jokaisessa solussa huomaa jonkottain pieniä jyväsia tai kuulia, rikkistä muodostettuja; joskus ovat solut täyteen ahdetut näillä jyväsillä, niin että rikki muodostaa 80—95 pros. itiön kokonaispainosta.

Jos tämänkaltaisia soluja muutetaan ravintoliuvokseen, jossa rikkivetyä ei ole olemassa, niin havaitaan pian miten rikkijyvät vähitellen katoavat ja yhden, korkeintaan kahden vuorokauden perästä ovat itiöt rikkivapaita. Jos niitä kauemman aikaa viljellään rikkivapaassa ravintoliuvoksessa, niin seisattuu kehittyminen ja lisääntyminen ja jonkun ajan perästä kuolevat itiöt sukupuuttoon. Jos sitä vastoin niitä siirretään liuvokseen jossa rikkivetyä on runsaasti saatavissa, niin täyttyvät ne jo 3—5 tunnin kuluessa rikkijyväsillä, jotka suurenevät siksi kunnes koko solu on täytetty rikillä.

Tulikivi-itiöt ottavat niinmuodoin rikkiä rikkivedystä. Mutta mihin ne rikkiä käyttävät? Jos itiöitä viljellään rikkivapaassa vedessä, niin katoaa muutamassa tunnissa koko rikkipitoisuus, joka kuten aikaisemmin manitsimme, voi olla kokonaista 95 pros. itiön kokonaispainosta. Mihin joutuu tämä rikki?

Winogradskyn ansioksi on luetava tulikivi-itiöiden salaisuuden keksiminen. Vedestä ottavat nämä rikkivetyä. Tämä jakautuu vedyksi ja rikiksi, joka viimeainnitu ensi aluksi varaantuu solui-

hin, mutta sittemmin palaa ja eroittautuu elimistöstä rikkihapon muodossa. Ja tässä onkin tulikivi-itiöiden voimalähde; kun toiset eliöt polttavat elollisia hiiliyhdistymiä ja sen johdosta hengittävät ulos hiilihappoa, niin saavat tulikivi-itiöt elämäntoimintaansa tarpeellisen energiapaljouden polttamalla rikkiä rikkihapoksi.

Ovatpa ne sieviä itikoita, nuo tulikivi-itiöt! Ne hengittävät ulos rikkihappoa, voimakkainta kaikista syövyttävistä hapoista! Mitä ovat meidän myrkyllisimmät anarkistimme näitä petoeläimiä vastaan, jotka jokaisessa hengenvedossa tekevät rikkihappoisen hävitysyriyksen tovercitään vastaan elämisen taistelussa!

Mutta, kysymme, eikö tulikivi-itiöiden pahuus syökse niitä itseään kadotukseen, suoraa päätä itsemurhaan? Eivätkö ne itse häviä siinä rikkihappokylvyssä jonka ne toisille ovat valmistaneet? Ei, luonto joka huolehtii kaikista lapsistaan, on myöskin ottanut tulikivi-itiöt suojeluksensa alaiseksi. Siinä vedessä, jossa ne elävät, löytyy aina vastamyrkyä rikkihappoa vastaan hiilihappoisten suolojen muodossa, jotka eristävät hapon kipsiksi ja muiksi viattomiksi aineiksi.

Luonnon taloudessa näyttävät tulikivi-itiöt esittävän jonkunlaista osaa ainoastaan sikäli kun muutamia kipsi- ja anhydiittikerrostumia lasketaan muodostuneen tulikivi-itiöiden toimesta. Miltei samoin on laita myöskin niiden läheisien kuomasten, rauta-itiöiden.

Kukapa ei olisi lähteissä, puroissa, järvissä j. n. e. nähnyt tuota ruskeaa, limaista rautayhdistelmää, jota tieteen kielellä nimitetään rautaoksiidihydraatiksi? Kaikkialla missä tätä ruskeata limaa

löytyy luonnossa, esiintyvät myöskin rauta-itiöt, ja oikeastaan ovatkin rautaitiöt juuri niitä, jotka ovat tuon ruskean liman muodostaneet. Vedestä ottavat nimittäin rautaitiöt hiilihappoista rautaoxiduuksi*) jota ne polttavat rautahappeumaksi. Tämä eristäytyy elimistöstä eräänlaisen liukenevan suolan muodossa, joka sittemmin muuttuu liukenemattomaksi oxiidihydraatiksi. Rautaoxiduuksi esittää rauta-itiöille samaa osaa kuin rikki tulikivi-itiöille. Yhtä vähän rauta kuin rikkikään kelpaavat ravintoaineeksi sen sanan varsinaisessa merkityksessä s. t. s. elimistön rakentamiseksi, molemman sitävastoin eristetään elimistöstä heti palamisen tapahduttua. Mutta palamisessa syntynyt lämpö on kummassakin tapauksessa se voiman lähde, joka tekee näille itiöille mahdolliseksi elämisen ilman auringonvaloa ja ilman elollisia ravintoaineita. Onpa osottautunut siltäkin, että esimerkiksi sokeri ja peptoni, jotka useimmille itiöille ovat mitä parhaimpia ravintoaineita, vaikuttavat myrkyllisesti rauta-itiöihin pienimmissäkin annoksissa tarjottuina. Myöskin ilmanlämpöön nähden on rautaitiöillä eriskummallinen makunsa: ne kasvavat erinomaisesti lämpöasteella, joka lähentelee jäätympisteettä, kaikista parhaiten lämpöasteella joka on 6 astetta celsiuksen lämpömittarin mukaan, 20 asteen lämmössä on kehitys huonolaista ja 27 asteen lämmössä lakkaa se kokonaan.

Ne suunnattomat rautakerrostu-

*) Rautaoxiduuksi on raudan ja hapen yhdistymä, joka voidaan muuntaa tai polttaa happirikkaammaksi yhdistelmäksi rautahappeumaksi.

mat, joita luonnossa löytyy merimalmiin, suomalaisiin, braunesenerzin y. m. muodossa, ovat todennäköisesti muodostuneet näiden rautaitiöiden toiminnan avulla. Meitä kummastuttaa kun kuulemme, että korallikarit ovat miljoonien pikkueläinten rakentamia, jotka kuitenkin eivät ole pienempiä kuin että paljaalla silmällä voimme niitä eroittaa: mutta eikö tämä ihme työntäydy varjoon kun ajattelemme, että useat maailman valtavinimistä rautakerrostumista ovat eliöiden rakentamia, jotka eliöt kaikista suurimmillaan ollessa tapavat pituusmitan joka on tuhannesosan yhdestä millimetristä!

*

Usealla eri tiellä elämä siis saavuttaa päämääränsä. Nitromo-naadeissa säilyy elämän kipinä amoniakkia poltettaissa, tulikivi-itiöissä rikin palaessa, rauta-itiöissä rautaoxiduuksiin muuttuessa happu-maksi; viheriät valosäteet antavat punaleville elämän voiman, jota vastoin viheriöiden kasvien voimanlähde on punaisissa, sinisissä ja aitopunasinisissä säteissä. Todennukaista on, että löytyy eliöitä, jotka saavat energiansa jollakin muulla tavalla, vaikka emme vielä ole päässeet niiden perille.

Mutta on ainoastaan yksi tie, jota myöten elämä saavuttaa korkeimman täydellisyytensä. Näyttää siltä kuin olisi elämän virta kaiken alussa etsinyt latua useilta eri suunnilta, ja viimeiseksi murtautunut esille viheriöiden kasvien leveässä virtauomassa, siinä pausuakseen täydelliseen mahtavuuteensa ja antaakseen liikevoimaa eläinmaailman mahtavalle koneistolle.