

KIMMO TASKINEN / HS



Tutkijat koodasivat tietokoneen ykköset ja nollat tupakkakasvin dna:n emäsjärjestykseen.

Data talteen kasvin dna:han

**Elävän kasvin perimään ujutettiin
ensi kertaa viesti. Kasvit voisivat
korvata tiedon tallentajina
kaikki kirjastot ja datakeskukset.**

Timo Paukku HS

PUISTO tarjoaa virkistystä ja lepoa puineen ja kasvineen. Moni meistä lukee puiston penkillä tai nurmella.

Entä jos viherkasvusto olisi myös kirjasto – tai datapuisto? Yksi ainoa puu voisi kantaa suunnattoman määrän dataa.

Slovenialainen Karin Fister kokeili tätä. Hän ujutti tavallisen tupakkakasvin dna:han viestin. Se kuului: ”Hello world.”

Hän myös onnistui lukemaan viestinsä saman kasvin kloonista. Näin ihmiskielinen viesti oli ensi kertaa ujutettu elävän eliön perimään ja luettu sieltä.

KYLVIKÖ Fister tempullaan siemenet tiedontallennuksen kumoukseen? Dataa ja tekstiä nimittäin sopii kasvien dna:han lähes rajattomasti.

Kasvit voisivat korvata tiedon tallentajana helposti kaikki maailman kirjastot ja kalliit datakeskukset, sellaiset kuin hakujäti Googlessa on Haminassa.

Fister on laskenut, että vain yksi gramma dna:ta voi tallentaa 700 teratavua. Yhteen teratavuun sopii esimerkiksi 300 tuntia videokuvaa.

Fister esitteli kasveihin perustuvaa datan tallennusta Falling Walls -tapahtumassa Berliinissä vuoden 2015 lopulla. Hän on lääkäri ja geenitutkija Mariborin lääketieteellisessä yliopistossa Sloveniassa.

IHMISKUNTA tuottaa nykyisellään joka ikinen päivä kymmeniä eksatavuja tekstiä, videoita, puheluita, tekstejä ja muuta dataa. Jo yhteen eksatavuun mahtuvat 500 kertaa maailman suurimman kirjaston eli Yhdysvaltain kongressin kirjat.

Datan määrä on käsittämätön, ja se vain kasvaa joka päivä. Ainakin osa siitä pitää tallentaa. Tietoa tallennettiin nyt ensimmäisen kerran elävään kasviin, mutta dna:han sitä on koodattu aiemminkin.

Yhdysvaltalaiset tutkijat lasivat kokonaisen kirjan dna-juosteeseen vuonna 2012. Tammi-

kuussa 2013 brittitutkijat kertoivat Naturessa tallentaneensa Shakespearen sonetteja ja Martin Luther Kingin puhetta.

Tutkijat ennustivat jo silloin, että dna:han tallentaminen yleistyy, kun sen hinta laskee.

KASVIT olisivat dna-tallennukseen hyvä paikka. Niitä kun on kaikkialla.

Kaiken elävän koodi on kaksoikierteisessä dna-nauhassa. Sitä on jokaisessa solussamme ja myös jokaisen kasvin soluissa.

Dna-nauhan juosteissa vuorottelee neljä emästä: adeniini (A), sytosiini (C) guaniini (G) ja tymiini (T). Kaiken elävän perimä koostuu näiden kirjainten vaihtuvista jonoista.

Perimä itsessään on muisti ja siirtää tietoa. Tuon muistin yksiköihin voidaan nykytekniikoilla ladata kätevästi muutakin kuin elämän rakennusohjeita.

Perimän kirjaimia voi käsitellä kuin binaarikoodia eli nollia ja ykkösiä. Ne ovat kaikkien nykyisten tietokoneohjelmien perusta.

Fisterin kokeessa perimän emäs A sai koodin 00, C oli 10, G sai arvon 01 ja T arvon 11.

FISTERIÄ auttoi kaksi biotekniikan asiantuntijaa Ljubljanan yliopistosta. Professori Borut Bohanec ja tohtori Jana Murovec

ujuttivat dna:ksi koodatun tietokoneohjelman bakteerin avulla tupakkakasviin, *Nicotiana benthamiana*.

Sitten ryhmä leikkasi ”tartunnan” saaneesta kasvista palasen ja istutti pistokkaan. Se kasvoi uudeksi tupakkakasviksi.

Kloonatusta kasvista otettiin dna-näyte – ja se sisälsi tutun lauseen ”Hello world”, suomeksi ”Hei maailma”.

Se on ohjelmoinnissa yleinen hokema. Lausetta koodaamalla opetetaan ohjelmoinnin perusteita aloittelijoille.

KASVIN dna:n viestin lukeminen on vielä työlästä. Luennan tekniikat kuitenkin kehittyvät kovaa vauhtia.

Perimää voi jo nyt lukea dna:ta jaksottavan koneen tulostuksesta. Tulostimet halpenevat ja pienentyvät vuosi vuodelta.

Jonain päivänä lukulaite saat-
taa siirtää vaikkapa Wikipedian

artikkelin suoraan kasvista näyttölle. Laite voisi muistuttaa nykyistä tablettia tai älykännykkää.

FISTER on laskenut, että maailman kaikki arkistot voisi tallentaa laatikolliseen siemeniä.

Tällaisen laatikon voisi viedä vaikka Huippuvuorten siemenholviin, joka sisältää 800 000 siemennäytettä. Holvissa siemeniin pakattu tieto on hyvässä tallessa.

Jos dna:n pitää kylmänä, kuivana ja pimeässä, se voi säilyä tuhansiakin vuosia. Tämä tiedetään, koska ikivanhaa mummutin dna:ta on voitu lukea.

Vähemmälläkin kasvit kestävätkä aikaa paremmin kuin nykyiset kovalevyt.

Dna voisi korvata kiintolevyjä ja muita muisteja, jotka uhkaavat vanhentua. Jo nyt on vaikea lukea 1960-luvun magneettimuisteja, koska lukulaitteita ei juuri ole jäljellä.

Siemenissä data siirtyy kasvien tuleviin sukupolviin.

FISTERIÄ innoitti työssä yksi laskelma. Hän arvioi, miten paljon dataa puihin mahtuu.

Yksi ainoa puu voisi helposti tallentaa kaiken sen tiedon, mitä lapsi ja nuori oppii kouluajan.

Se jos mikä olisi todellinen hyvän tiedon puu.



**Maailman arkistot
sopisivat yhteen
siemenlaatikkoon.**

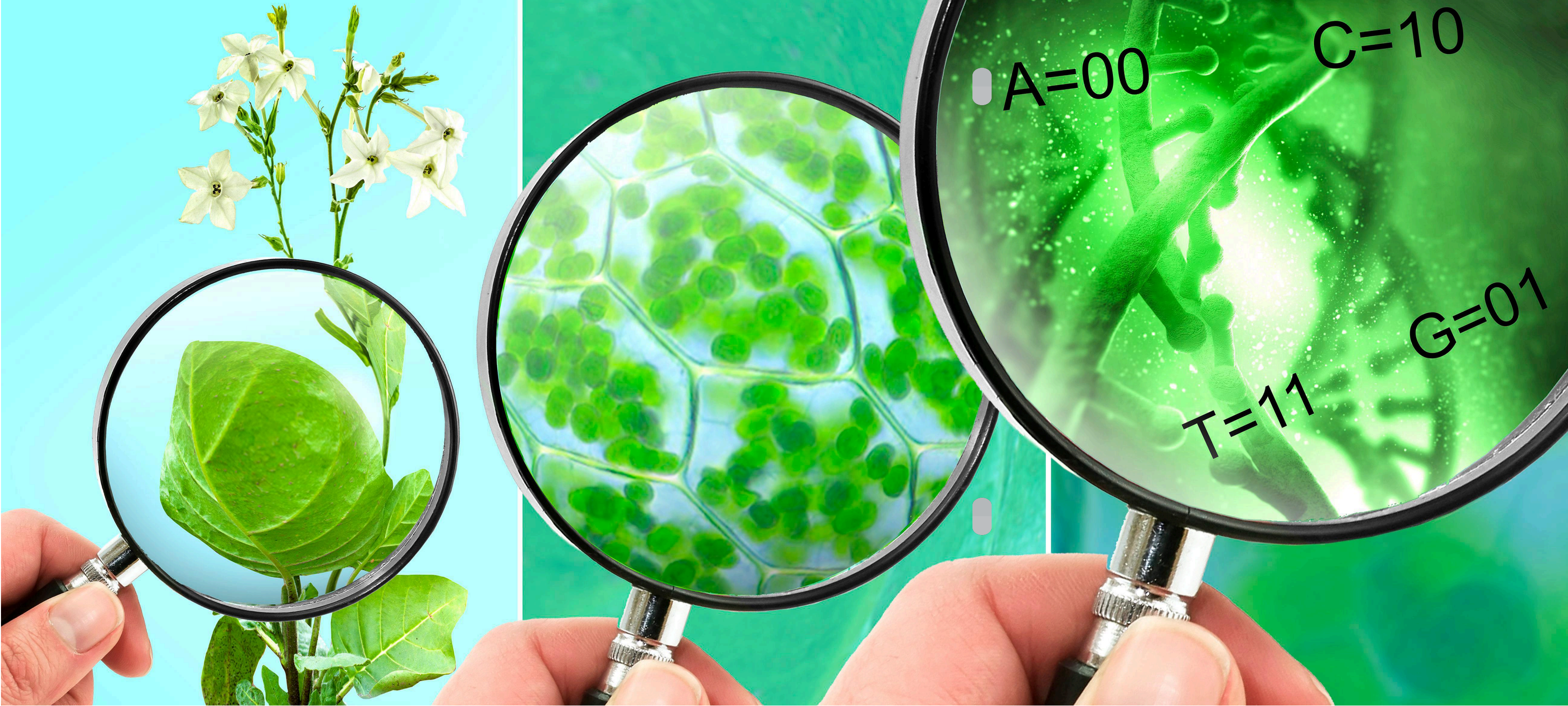
TIEDE

Tiedetoimitus
Esimies: Jukka Ruukki
hs.tiede@hs.fi +358 9 120 5498

•Tuottaja: Annikka Mutanen
•Ulkoasu: Terhi Montonen
•Kuvatoimittaja: Kimmo Taskinen

Tiedon tallennuksen tulevaisuus: Dna on tehokas ja säilyvä datavarasto

KIMMO TASKINEN / HS



Tutkijat koodasivat tietokoneen ykköset ja nollat tupakkakasvin dna:n emäsjärjestykseen.

Hello world, sanoo hyvän tiedon puu

Elävän kasvin perimään ujutettiin ensi kertaa viesti. Digipuistosta voisi skannata luettavaa tai musiikkia.

Timo Paukku HS

PUISTO tarjoaa virkistystä ja lepoa puineen ja kasveineen. Mo- ni meistä lukee puiston penkillä tai nurmella.

Entä jos viherkasvusto olisi myös kirjasto – tai datapuisto? Yksi ainoa puu voisi kantaa suunnattoman määrän dataa.

Slovenialainen Karin Fister kokeili tätä. Hän ujutti tavallisen tupakkakasvin dna:han viestin. Se kuului: ”Hello world.”

Hän myös onnistui lukemaan viestinsä saman kasvin kloonista. Näin ihmiskielinen viesti oli ensi kertaa ujutettu elävän eliön perimään ja luettu sieltä.

KYLVIKÖ Fister tempullaan siemenet tiedontallennuksen kumoukseen? Dataa ja tekstiä nimittäin sopii kasvien dna:han lähes rajattomasti.

Kasvit voisivat korvata tiedon tallentajana helposti kaikki maailman kirjastot ja kalliit datakeskukset, sellaiset kuin hakujä- ti Googlella on Haminassa.

Fister on laskenut, että vain yksi gramma dna:ta voi tallentaa 700 teratavua. Yhteen teratavuun sopii esimerkiksi 300 tun- tia videokuvaa.

Fister esitteli kasveihin perus- tutvaa datan tallennusta Falling Walls -tapahtumassa Berliinissä vuoden 2015 lopulla. Hän on lää-

käri ja geenitutkija Mariborin lääketieteellisessä yliopistossa Sloveniassa.

IHMISKUNTA tuottaa nykyisel- lään joka ikinen päivä kymme- niä eksatavuja tekstiä, videoita, puheluita, tekstejä ja muuta da- ta- ta. Jo yhteen eksatavuun mah- tuvat 500 kertaa maailman suu- rimman kirjaston eli Yhdysval- tain kongressin kirjat.

Datan määrä on käsittämätön, ja se vain kasvaa joka päivä. Ai- nakin osa siitä pitää tallentaa. Tietoa tallennettiin nyt ensim- mäisen kerran elävään kasviin, mutta dna:han sitä on koodattu aiemminkin.

Yhdysvaltalaiset tutkijat latsi- vat kokonaisen kirjan dna-juos- teeseen vuonna 2012. Tammi- kuussa 2013 brittitutkijat kertoi- vat Naturessa tallentaneensa Shakespearen sonetteja ja Mar- tin Luther Kingin puhetta.

Tutkijat ennustivat jo silloin, että dna:han tallentaminen yleisty- y, kun sen hinta laskee.

KASVIT olisivat dna-tallennuk- seen hyvä paikka. Niitä kun on kaikkialla.

Kaiken elävän koodi on kak- soiskiarteisessa dna-nauhassa. Sitä on jokaisessa solussamme ja myös jokaisen kasvin soluissa.

Dna-nauhan juosteissa vuoro- telee neljä emästä: adeniini (A), sytosiini (C) guaniini (G) ja tymi- ni (T). Kaiken elävän perimä koostuu näiden kirjainten vaihtuvista jonoista.

Perimä itsessään on muisti ja siirtää tietoa. Tuon muistin yksi- köihin voidaan nykytekniikoilla ladata kätevästi muutakin kuin elämän rakennusohjeita.



Maailman arkistot sopisivat yhteen siemenlaatikkoon.

Perimän kirjaimia voi käsitellä kuin binaarikoodia eli nollia ja ykkösiä. Ne ovat kaikkien nykyisten tietokoneohjelmien pe- rusta.

Fisterin kokeessa perimän emäs A sai koodin 00, C oli 10, G sai arvon 01 ja T arvon 11.

FISTERIÄ auttoi kaksi biotekniikan asiantuntijaa Ljubljanan yli- opistosta. Professori Borut Bo- hanec ja tohtori Jana Murovec ujuttivat dna:ksi koodatun tieto- koneohjelman bakteerin avulla tupakkakasviin, *Nicotiana bent- hamiana*an.

Sitten ryhmä leikkasi ”tartun- nan” saaneesta kasvista palasen ja istutti pistokkaan. Se kasvoi uudeksi tupakkakasviksi.

Kloonatusta kasvista otettiin dna-näyte – ja se sisälsi tutun lauseen ”Hello world”, suomek- si ”Hei maailma”.

Se on ohjelmoinnissa yleinen hokema. Lausetta koodaamalla opetetaan ohjelmoinnin perus- teita aloittelijoille.

KASVIN dna:n viestin lukemi- nen on vielä työlästä. Luennan tekniikat kuitenkin kehittyvät kovaa vauhtia.

Perimää voi jo nyt lukea dna:ta jaksottavan koneen tu- lostuksesta. Tulostimet halpe- nevat ja pienentyvät vuosi vuo- delta.

Jonain päivänä lukulaite saat- ta- ta siirtää vaikkapa Wikipedian

artikkelin suoraan kasvista nä- yntölle. Laite voisi muistuttaa ny- kyistä tablettia tai älykännyk- kää.

FISTER on laskenut, että maail- man kaikki arkistot voisi tallen- ta- ta laatikolliseen siemeniä.

Tällaisen laatikon voisi viedä vaikka Huippuvuorten siemen- holviin, joka sisältää 800 000



Jonain päivänä kännykkä osaa lukea, mitä kasviin on kirjoitettu.

siemennäytettä. Holvissa sieme- niin pakattu tieto on hyvässä tallessa.

Jos dna:n pitää kylmänä, kui- vana ja pimeässä, se voi säilyä tuhansiakin vuosia. Tämä tiede- tään, koska ikivanhaa mammu- tin dna:ta on voitu lukea.

Vähemmälläkin kasvit kestä- vät aikaa paremmin kuin nykyi- set kovalevyt.

Dna voisi korvata kiintolevyjä ja muita muisteja, jotka uhkaa- vat vanhentua. Jo nyt on vaikea lukea 1960-luvun magneetti- muisteja, koska lukulaitteita ei juuri ole jäljellä.

Siemenissä data siirtyy kas- vien tuleviin sukupolviin.

FISTERIÄ innoitti työssä yksi las- kelma. Hän arvioi, miten paljon dataa puihin mahtuu.

Yksi ainoa puu voisi helposti tallentaa kaiken sen tiedon, mitä lapsi ja nuori oppii kouluaika- naan.

Se jos mikä olisi todellinen hyvän tiedon puu.

Tiedon jyvät

UC RIVERSIDE



Lähivuosina tavallisenkin navigointilaitteen paikannus tarkentuu.

Satelliittipaikannus tarkentuu sentteihin

Timo Paukku HS

GPS-PAIKANNUS tarkentuu mer- kittävästi, ilman sen parempia laitteita kuin meillä jo nyt on älypuhelimissa ja autojen navi- gointilaitteissa.

Radiosignaalien tutkijat kehit- tivät Kalifornian yliopistossa Ri- versidessä aiempaa tehokkaam- man tavan laskea tietoja, joita satelliittipaikannus eli gps-jär- jestelmä tarjoaa.

Käytännössä tarkkuus para- nee tutkijoiden mukaan met- reistä sentteihin. Se auttaa esi- merkiksi itsestään ajavien ajo- neuvojen kehittämisessä. Myös il- mailun ja vesiliikenteen navi- gointi tarkentuu. Ennen pitkää täsmentynevät myös matka- puhelimen sijaintitiedot.

Sähkö- ja tietotekniikan pro- fessori Jay Farrell muotoili ryh- mänsä kanssa uudelleen joukon

yhtälöitä, joita käytetään, kun määritetään gps-laitteen paik- kaa maan päällä tai ilmassa. Tä- hän saakka sentintarkka paikan laskeminen on ollut hyvin kal- lista. Farrellin ryhmän laskel- milla tieto saadaan vähemmällä laskutoimituksilla.

Menetelmä julkaistiin äsket- täin tietotekniikan alan IEEE Transactions on Control Sys- tems Technology -lehdessä.

GPS-JÄRJESTELMÄ valmistui Yh- dysvaltain sotilaskäyttöön 1973. Siviilien gps avautui vuonna 2000. Järjestelmässä on ainakin 24 satelliittia. Ne antavat pai- kantimelle koordinaatit sen pe- rusteella, paljonko laitteesta kestää saada yhteys vähintään neljän satelliitin radiosignaaliin. Koska mittauksessa on aina virheitä, jää tarkkuudeksi siviil- ielämässä noin kymmenen metriä.

Uusi ruokamyrkytysten aiheuttaja löytyi

UUSI ruokamyrkytyksiä aiheuttava bakteerimyrkky on löytynyt. Sitä tuottava bakteeri pystyy lisääntymään ja tuottamaan penilidi- nimistä myrkyä jopa jääkaappilämpötilassa plus viidessä asteessa. Myrky kestää keittämistäkin.

Paenibacillus tundrae -bakteereja ja penilidiä löytyi ohranjyvä- näytteistä, joita Helsingin yliopiston tutkija Stina Rasimus-Sahari analysoi osana väitöstudiumaan. Penilidi muistuttaa toiminnal- taan ja rakenteeltaan ennestään tunnettua kereulidia, joka aiheut- ta- ta voimakkaan oksennustaudin. Kereulidi on johtanut maailmalla jopa kuolemantapauksiin.

”Penilidistä ei ole tiedossa ruokamyrkytystapauksia. Mutta kos- ka se muistuttaa kereulidia, sekin oletettavasti aiheuttaa oksennus- reaktion”, Rasimus-Sahari arvioi.

Ruokamyrkytys epidemioista jopa 40–60 prosenttia jää selvittä- mättä, koska niiden aiheuttajaa ei löydetä. Rasimus-Sahari ei osaa arvioida, kuinka yleinen myrkybakteeri on. *Paenibacillus*-suvun bakteereja tiedetään esiintyvän runsaasti etenkin maaperässä. HS

Kellonaika vaikuttaa koenumeroon

KOEMENESTYKSEEN vaikuttaa sekin, mihin kellonaikaan koe pide- tään. Näin osoittaa tuore tanskalainen tutkimus, jossa analysitiitiin yli kaksi miljoonaa koepaperia 8–15-vuotiaita koululaisilta.

Aina kun kokeen alkamisaika myöhentyi tunnilla, koetulokset heik- keni 0,9 prosenttia. Vaikutus oli voimakkain niillä, jotka muuten- kin saivat heikoimmat numerot.

Tulokset kuitenkin paranivat, jos koetta edelsi 20–30 minuutin välitunti. Se kohensi tuloksia keskimäärin 1,7 prosenttia. Tutkijat uskovat, että koetulosten heikkeneminen päivän mittaan johtuu oppilaiden kognitiivisesta väsymisestä.

Tutkittavat kokeet olivat standardoituja kokeita, jotka tehdään samanlaisina kaikissa kouluissa. Suomessa sellaisia ovat ylioppilas- kokeet ja peruskoulujen niin kutsutut valtakunnalliset kokeet. Tutkimuksen julkaisi Pnas HS