

TERRORISTIT | Muiden on vaikea ymmärtää Yhdysvaltojen ääriliikkeitä. » 12

UUSI PÄIVÄ | Roolihahmon raskaus järkytti myös nuorta näyttelijää. » 18

Täällä ollaan!

Huhuu, onks täällä ketään?

Mikä tää oikein on?

Taitaa olla ihminen.

Täällä ollaan!

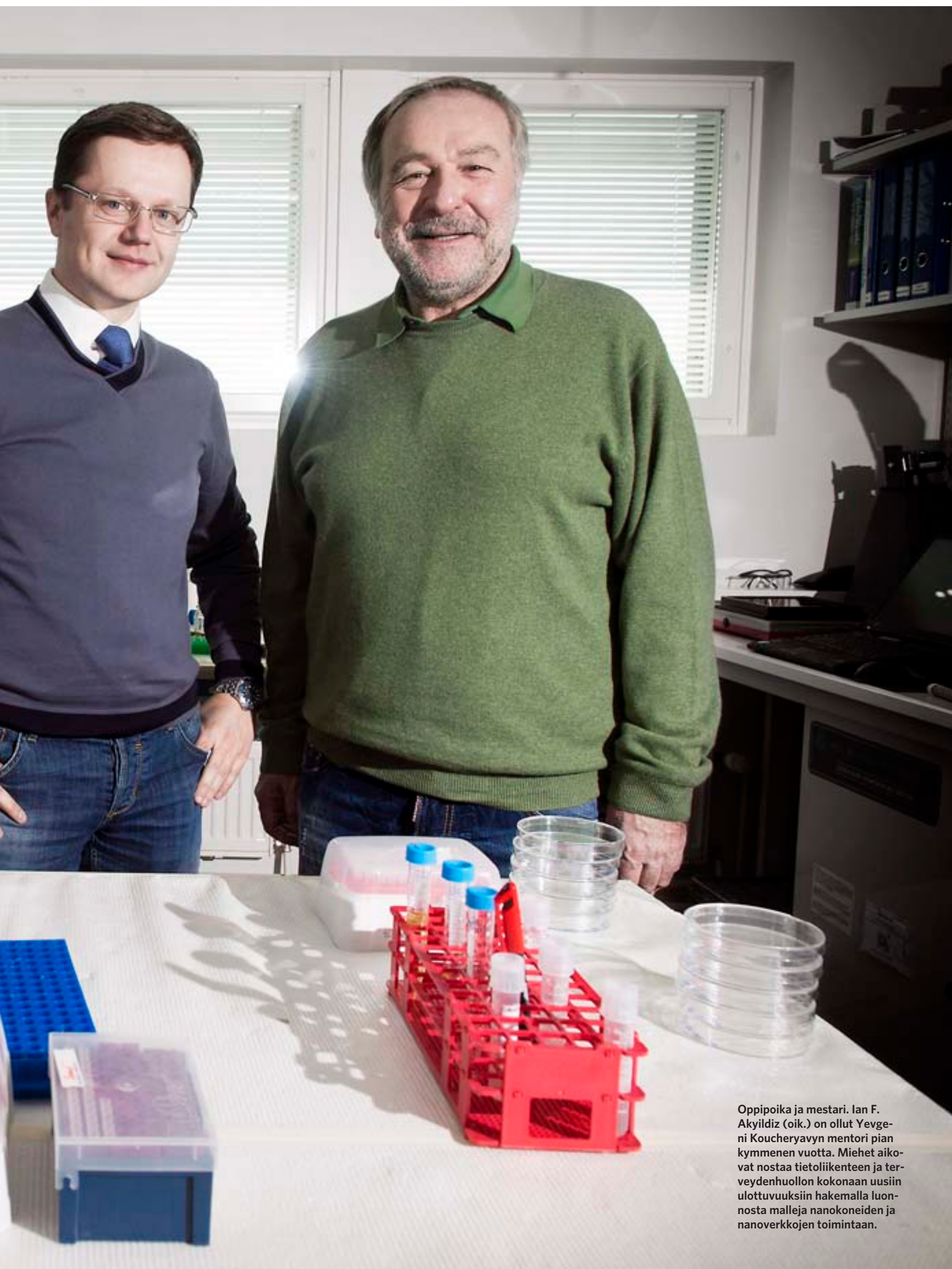
Ihan tosi! Mahtavaa, ruvetaan hommiin!

Nanokone käy!

NANOVERKOT | Tulevaisuudessa verenkierrrossasi vilistää nanokoneita, jotka tarkkailevat terveyttäsi ja hoitavat sinua. Nanokoneiden viestintään haetaan mallia luonnosta, muun muassa kolibakteerien keskustelusta. Tampere aikoo kiillata alan tutkimuksen eturintamaan maailmassa nanokoneiden viestintäverkostoja tutkivalla projektilla. » 6

Bakteerit opettavat ihmistä

NANOVERKOT | Jokunen vuosi sitten ihmisen verenkierrassa kiertävät nanokoneet olivat lähinnä tulevaisuudentutkijoiden puhetta ja viihdeteollisuuden aineistoa. Nyt niitä aiotaan kehittää oikeasti. TTY:n tutkija Yevgeni Koucheryavsky haluaa nostaa Tampereen nanokoneiden tutkimuksen eturintamaan maailmassa. Häntä kannustaa Ian F. Akyildiz, yksi maailman arvostetuimmista nanokoneiden ja niiden viestintäverkkojen eli nanoverkkojen tuntijoista.



Oppipoika ja mestari. Ian F. Akyildiz (oik.) on ollut Yevgeni Koucheryavyn mentori pian kymmenen vuotta. Miehet aikovat nostaa tietoliikenteen ja terveydenhuollon kokonaan uusiin ulottuvuuksiin hakemalla luonnosta malleja nanokoneiden ja nanoverkkojen toimintaan.



Bakteeripopulaatiot viihtyvät kellertävässä ravintoliemessä.

FAKTA

Nano, nano!

» **Nanoteknologia** on ala, jossa työstedään nanometrien eli millimetrin miljoonasosien kokoisia kappaleita. Nanohiukkasia on jo tuhansissa arkipäivän tuotteissa: aurinkovoteissa, autoissa, suksissa. Myös elektronikassa ja lääkeeteollisuudessa on edetty nanoteknologian aikaan.

» **Nanokone** on nanometrien kokoinen laite, joka aistii, kerää ja käsittelee tietoa. Sille voidaan antaa tehtäviä. Se vastaanottaa ja lähettää informaatiota. Nanokone tehdään ihmisen kehittämistä materiaaleista, luonnon materiaaleista (bakteerit, solut, dna) tai niiden yhdistelmästä.

» **Nanoverkko** on verkko, jossa nanokoneet ovat yhteydessä toistensa kanssa. Nanometrien maailmassa vallitsevat erilaiset säännöt ja lait kuin millimetrien, senttien ja metrien maailmassa. Siksi perinteiset tietoliikennemenetelmät eivät siellä toimi. Tarvitaan aivan uusia materiaaleja sekä tapoja käsitellä ja siirtää informaatiota. Niitä etsitään muun muassa bakteerien maailmasta.

Pöydällä olevassa punaisessa telineessä on sinikorkkisia koeputkilaita. Niiden sisältämässä kellertävässä ravintoliuoksessa lilluu miljoonia *Escherichia coli* -bakteereita. Kolibakteerien geenejä on muokattu. Ne eivät ole vaaraksi ihmiselle.

Näiden bakteerien avulla yritetään pian selvittää, miten verenkierrassasi risteilevät millimetrin miljoonasosien kokoiset nanokoneet tulevaisuudessa tarkkailevat terveyttäsi, viestivät toisilleen ja tarpeen vaatiessa jopa hoitavat sinua.

Kolibakteerilaboratorio on toiminut Hervannassa sijaitsevan Tampereen teknillisen yliopiston TTY:n Tietotalon neljännessä kerroksessa jo reilun vuoden.

Työpöydän alla olevassa hautomossa robotiteline ravistelee bakteeriviljelmiä. Niitä haudutetaan muutama tunti tai kokonainen vuorokausi siitä riippuen, minkälainen tutkimus niillä aiotaan tehdä.

Hautomon vieressä olevassa kylmiössä on satoja huurteisia koeputkia.

Vastapäisessä nurkassa optista kaapelia pitkin johdetut laserpulssit iskeytyvät erikoismikroskoopin tähtäimessä oleviin bakteeriviljelmiin. Kun laservalo osuu bakteereihin istutettuun merkkiaineeseen, bakteerit kuvantuvat isoina vihreinä pötkylöinä vieressä olevalle näytölle.

Professori Ian Akyildiz on väsynyt. Hän retkottaa Tietotalon palaverihuoneen tuolilla.

Akyildiz on lentänyt Tampereelle vain muutamaa tuntia aikaisemmin Atlantasta Yhdysvalloista. Siellä on hänen työpaikkansa: Georgia Institute of Technology. Atlantassa hän ehti levähtää vain hetken viikon kestäneen Saudi-Arabian matkan jälkeen.

Aluksi Akyildiz takeltelee. Parin minuutin kuluttua hän pääsee vauhtiin, eikä väsymyksestä ole enää tietoakaan.

– Tulevaisuudessa osaamme muokata ihmisen soluja geneettisesti, ja voimme lähettää näitä eläviä nanokoneita ihmisen verenkiertoon etsimään viruksia, bakteereita ja syöpäsoluja, Akyildiz innostuu.

Nanokone lähettää viestin matkapuhelimeesi tai ottaa suoraan yhteyttä lääkäriisi, jos se näkee jotain epäilyttävää. Se voi myös saman tien alkaa hoitaa sinua. Nanokoneet viestivät nanoverkoissa.

Malleja nanokoneiden tekemiseen etsitään luonnosta. Luonnossa bakteerin kaltaiset nanokoneet ovat toimineet jo miljardeja vuosia.

Akyildizin laboratorio Georgia Institute of Technologyssä on saanut Yhdysvaltain tiedesäätiöltä kolmen miljoonan dollarin rahoituksen bakteerien viestinnän tutkimiseen. Myös siellä käytetään kolibakteereita.

– Bakteerit keskusteleval. Ne lähettävät ja vastaanottavat informaatiota. Yksin bakteeri ei sinua vahingoita, mutta yhdessä ne iskevät juuri oikeaan paikkaan.

– Jos onnistumme, se on vallankumous

sekä terveydenhuollon että tietoliikenteen maailmassa.

Geneettisesti muokattu ihmisen solu olisi Akyildizin mielestä täydellinen nanokone. Mutta kolibakteerista on hyvä aloittaa. Niitä on tutkittu paljon ja niitä on helppo saada.

Ian Akyildizin on yksi tietoliikenteen ja tietojenkäsittelytieteen alan siteeratuimpia tutkijoita maailmassa.

Siteerausten määrässä mitattuna Akyildizin pitäisi olla yli 80-vuotias. Hän on 58.

Akyildiz kiinnostui nanoverkoista vajaat kymmenen vuotta sitten, kun hän alkoi pohdita, miten nanokokoa lähestyvät elektroniset laitteet lähettävät ja vastaanottavat informaatiota.

Nanomaaailmassa vallitsevat aivan erilaiset lait kuin silmällä erotettavien esineiden maailmassa. Siellä nyt käytössä olevat menetelmät eivät toimi.

– Ainoa mahdollisuus on hakea malleja luonnosta. Siellä tätä on tehty aina.

Sen jälkeen Akyildiz on rakentanut tutkimusverkostoa eri puolille maailmaa. Nykyään kaikki haluavat verkostoitua juuri hänen kanssaan. Hän on kysytty puhuja alan konferensseissa.

Esimerkiksi maailman suurin öljy-yhtiö Saudi-Aramcon rahoittaa Akyildizille professuurin Saudi-Arabiaan. Tavoitteena on kehittää nanokoneita, jotka nuuskivat öljyä maaperästä.

Akyildizin johtamissa projekteissa on rakennettu erilaisia aistinverkostoja mikrosirujen kokoisista laitteista muun muassa kaivoksiin, maantietunneleihin ja golfkenttiin. Ne tarkkailevat seinien ja nurmen kuntoa, ja viestivät muutoksista ihmiselle. Jatkossa ne kutistetaan nanokokoon.

Tulevaisuudessa nanoaistimia on kaikkialla, jopa sinun sisälläsi.

Tampereelle Akyildizin toivat ulkomaisia huippututkijoita Suomeen rahoittava Suomen Akatemian FiDiPro-ohjelma ja TTY:llä työskentelevä, Pietarista kotoisin oleva nuori ja lahjakas professori **Yevgeni Kouche-ryavy**, 38.

Miehet tapasivat kymmenisen vuotta sitten Antwerpenissä Belgiassa järjestetyssä tietoliikenteen konferenssissa.

– Yevgeni tuli juttelemaan. Hän oli nuori, utelias ja kunnianhimoinen, Akyildiz muistelee.

– Sen jälkeen professori Akyildizistä tuli mentorini, Koucheryavy jatkaa.

– Hän on opettanut minulle paljon. Hänellä on erittäin syvällinen näkemys. Hän tietää, mitä hän on tekemässä. Olen oppinut luottamaan häneen.

Tietoliikenteen tavoite on siirtää informaatiota paikasta toiseen. Apuna käytetään sähkömagneettisen säteilyn eri aallonpituuksia.

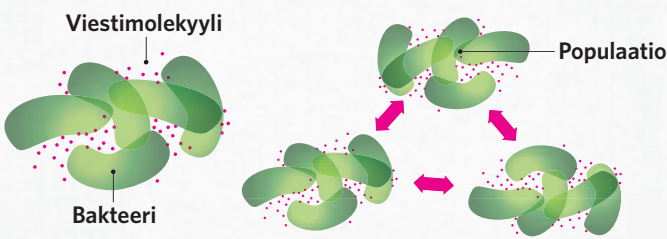
Välitettävän informaation määrä kasvaa koko ajan valtavasti. Nanolaitteiden yleistyessä informaation määrä räjähtää. Se ei enää siirry paikasta toiseen vanhoilla konsteilla.

Uutta alan mullistavaa sovellusta etsivän

"Tulevaisuudessa osaamme muokata ihmisen soluja geneettisesti, ja voimme lähettää eläviä nanokoneita ihmisen verenkiertoon etsimään viruksia, bakteereita ja syöpäsoluja."

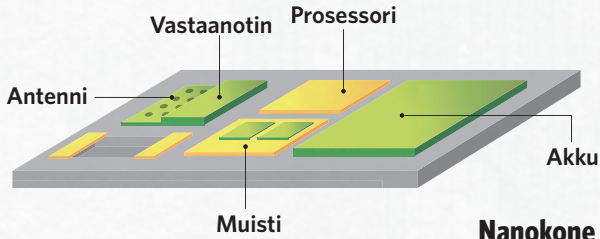
Kolibakteerista etsitään mallia nanokoneiden viestintään

Bakteerit viestivät toisilleen ja yhtenäistävät toimintaansa quorum sensing -nimisen mekanismin avulla. Suomeksi se on joukkovoima tai laumatunto. Se on bakteerien keskustelua ja kykyä aistia, kuinka paljon lajitovereita on paikalla. Sen avulla yksittäisistä bakteereista tulee toimiva yhteisö.

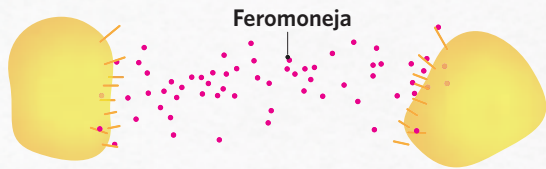


Bakteerit keskusteleval toistensa kanssa

Bakteeri lähettää viestin toiselle bakteeripopulaation sisällä vapauttamalla elinympäristöön viestimolekyyliä. Myös bakteeripopulaatiot keskusteleval toistensa kanssa. Bakteriviestintä toimii lyhyillä etäisyyksillä.

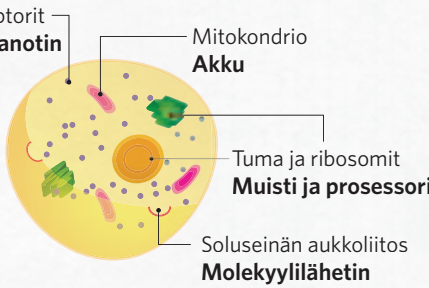


Esineisiin ja laitteisiin sijoitettava nanokone voi näyttää esimerkiksi tältä. Sen osat on tehty joko ihmisen kehittämistä nanomateriaaleista tai luontoa matkimalla (esimerkiksi dna), tai molemmista.



Feromonit ja siitepöly

Pitkillä etäisyyksillä voidaan matkia esimerkiksi feromoneja. Feromonit ovat eläinten erittämiä tuoksumolekyyliä, joiden välityksellä ne viestivät lajitovereilleen. Myös siitepölyhitunen voi tarjota oppia pitkän matkan viestintään.

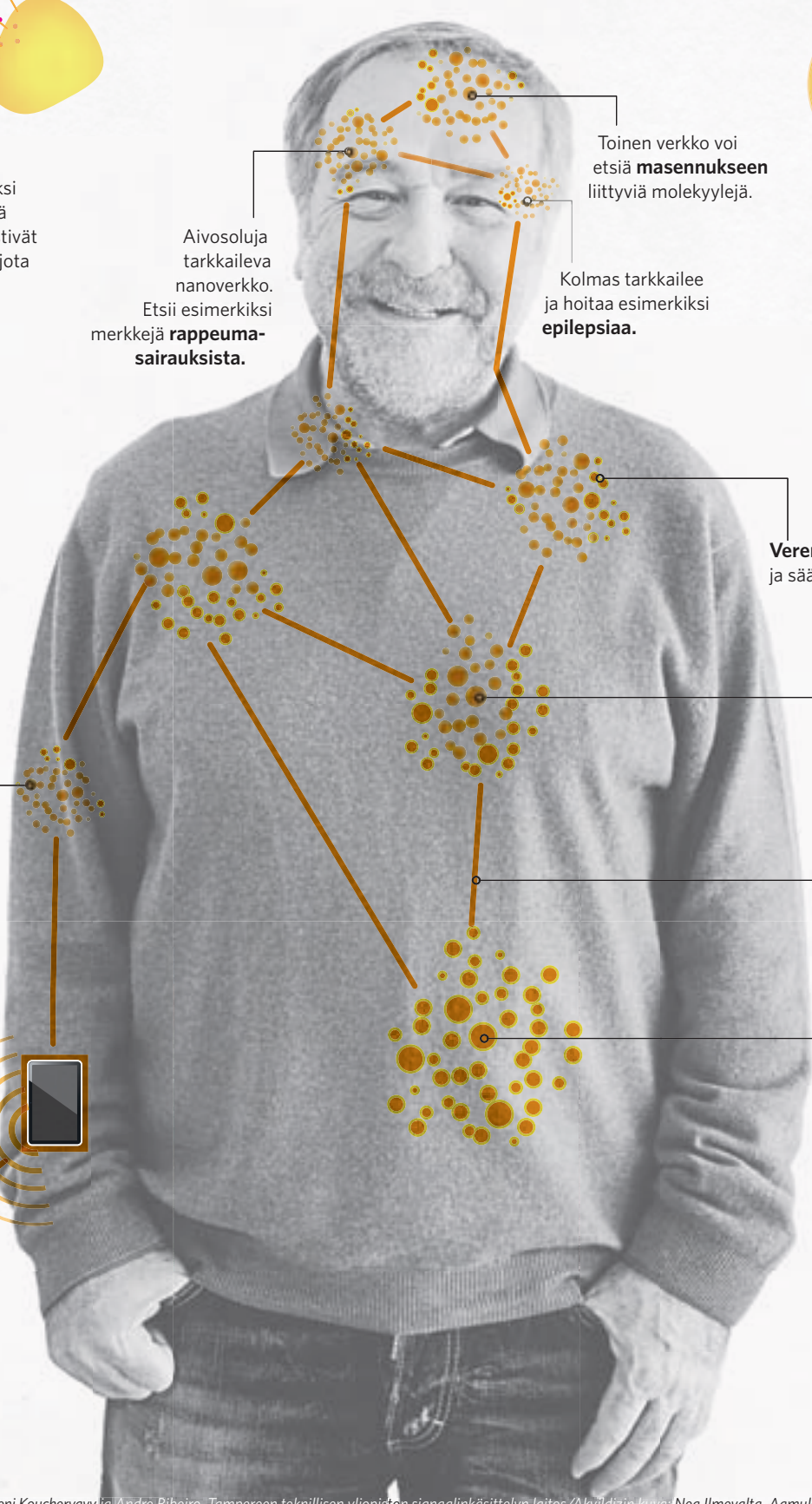


Nanokone ihmisessä

Ihmisen sisälle sijoitettava nanokone voisi olla esimerkiksi geneettisesti muokattu bakteeri tai ihmissolu.

Tulevaisuus

Maailman johtava nanoverkkojen tuntija **Ian F. Akyildiz** ennustaa, että reilun parinkymmenen vuoden kuluttua hänen elimistössään voi olla erilaisia terveydentilaa tarkkailevia nanokoneita.



Tarvittaessa nanokoneet vapauttavat elimistöön lääkeaineita juuri oikeaan paikkaan.

Käyttöliittymä

Yhteys elimistön ulkopuolisiin verkkoihin. Esimerkiksi lääkärin tai ihmisen itsensä käyttöön. Yhteys toimii molempiin suuntiin.



Elimistössä risteileville nanokoneille voidaan antaa myös uusia ohjeita ulkopuolelta.

Lähteet: Ian F. Akyildiz, Georgia Institute of Technology/Yevgeni Koucheryavy ja André Ribeiro, Tampereen teknillisen yliopiston signaalinkäsittelyn laitos/Akyildizin kuva: Nea Ilmevalta, Aamulehti

tutkijan kannalta nanokoneet ja nanoverkot ovat iso mahdollisuus.

Nanoverkoista Koucheryavy innostui 5–6 vuotta sitten.

– Mitä enemmän perehdyin molekyyli-puoleen, sitä enemmän ymmärsin, että sielä on valtava potentiaali. Kaikki kutistuu. Olemme nanomailman kynnyksellä.

Koucheryavyn ja Akyildizin tutkimusprojektissa on kaksi linjaa. Toisessa kehitetään nanolaitteita ja niissä tarvittavia materiaaleja. Toisessa etsitään malleja luonnosta.

– Tavoite on, että tulevaisuuden tietoliikenteen laitteiden mahdollisimman moni osa on valmistettu luonnon materiaaleista tai luonnon mallien mukaan, Koucheryavy sanoo.

Siksi TTY:n koliobakteerilaboratoriossa aloitetaan bakteerien viestinnän tutkimus.

– Haluamme tietää, miten informaatiota voidaan siirtää bakteerien avulla paikasta toiseen. Tämä on kaikkien biologisten nanokoneiden perusta.

TTY:n kolilaboratoriota johtava Portugalista kotoisin oleva **Andre Ribeiro** on teo-

reettinen fyysikko ja biologi. Informaatio-teoriasta kiinnostuttuaan hän alkoi tutkia informaation siirtymistä verkostoissa eri osien välillä.

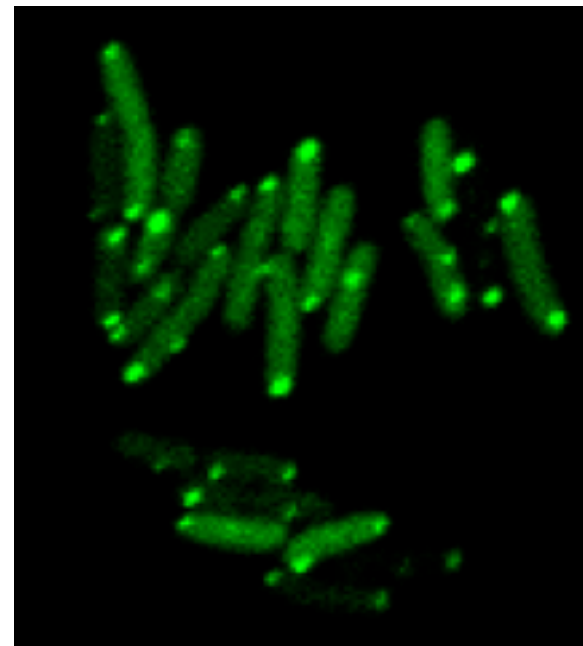
Ribeiroa jäljittää bakteerigeneistä sitä, mikä säätelee niiden toimintaa. Hän etsii geenien ilmenemisen taustalla olevia säännönmukaisuuksia.

– Ihminen muuttuu koko ajan syntymän ja kuoleman välillä. Jos tutkisin ihmistä, en yrittäisi selvittää, mitä kaikkia erilaisia piirteitä tässä välissä ilmaantuu, vaan sitä, miksi asiat syntymän ja kuoleman välillä muuttuvat.

Ribeiro on vähitellen siirtynyt työssään yksittäisistä bakteereista pienten bakteeriverkostojen tutkimiseen. Nyt laboratoriossa ollaan käynnistämässä Koucheryavyn ja Akyildizin projektin puitteissa kokonaisten bakteeriverkostojen viestinnän tutkimista.

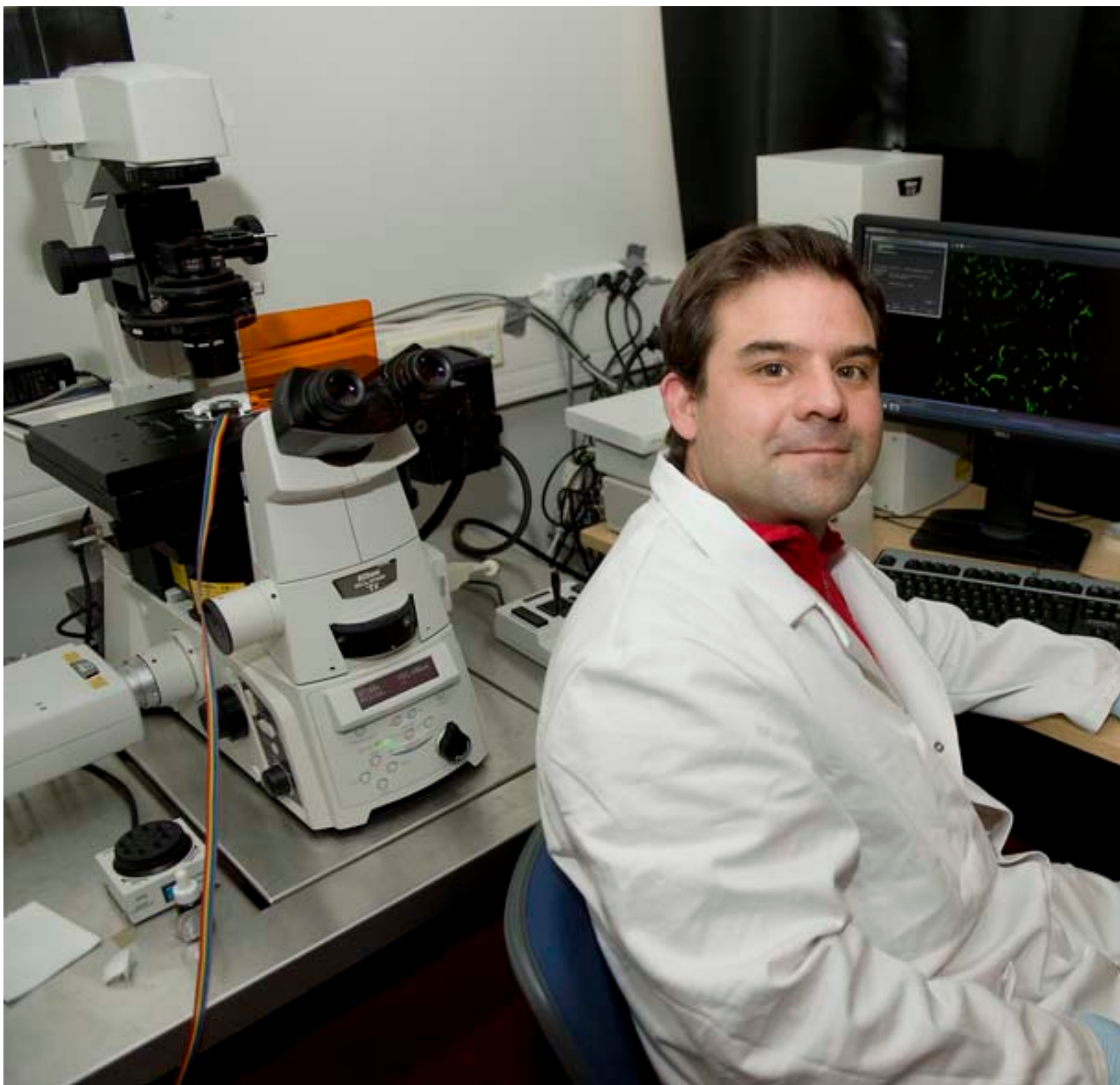
Ribeiro on pohtinut muun muassa sitä, voisiko kahdesta bakteerista tehdä kytkimen.

– Kun yksi bakteeri tulee tuolta ja toinen täältä, ne kohtaavat, ja syntyy päätös. Sen jälkeen ne käyttäytyvät eri tavalla.



Tutkimuksessa käytettävät *Escherichia coli* -bakteerit on muokattu geneettisesti, eivätkä ne ole ihmiselle vaarallisia.

Laboratorion johtajan Andre Ribeiron vasemmalla puolella on erikoismikroskooppi, jonka alla näytteet ovat. Kun optista kaapelia pitkin kiitävät laserpulssit osuvat bakteereihin istutettuun merkkiaineeseen, ne piirtyvät vihreinä juovina tietokoneen näytölle.



"Tästä voi tulla todella iso juttu. Jos onnistumme, emme ole perässähiihtäjiä, vaan tutkimuksen eturintamassa maailmassa."



Uusi tutkimusprojekti on saanut vakuuttuneeksi myös TTY:n rehtorin **Markku Kivikosken**.

– Tässä on oikeasti potentiaalia uudelle avaukselle. Tästä voi tulla todella iso juttu. Jos onnistumme, emme ole perässähiihtäjiä, vaan tutkimuksen eturintamassa maailmassa.

Parikymmentä vuotta sitten Kivikoski oli VTT:llä työskennellessään mukana Mikronuuskija-hankkeessa.

Mikronuuskija olisi lähetetty ihmisen elimistöön verenkierrossa tarkkailemaan hänen terveydentilaansa.

– Oltiin vähän liian aikaisin liikkeellä, mutta nyt aika on kypsä tähän.

Isot asiat vaativat onnistuakseen hyvät verkostot ja vuorovaikutusta maailman kärkiryhmien kanssa.

– Akyildizillä nämä yhteydet ovat kunnossa.

Viime vuoden loppupuolella käynnistetty hanke on vielä alkutekijöissään, mutta verkkoja viritellään jo täyttä päätä Suomesa, muualla Euroopassa, Yhdysvalloissa ja Venäjällä.

Tampereen teknillisen yliopiston **Yevgeni Koucheryavy** ja Georgia Institute of Technologyn **Ian Akyildiz** katsovat jo pitemmälle.

– Esineiden internet on vain yksi askel kohti nanoesineiden internetiä, Koucheryavy sanoo.

Kesään mennessä Tampereella pitäisi työskennellä jo kymmenkunta tutkijaa nanoverkkojen parissa.

Akyildizilla on Tampereen varalle suuria suunnitelmia:

– Tampereesta voi kasvaa nanoverkkojen tutkimuksen johtava keskus Euroopassa, miksei jopa yksi maailman merkittävimmistä tutkimuskeskuksista.

Koucheryavy on valmis ottamaan haasteen vastaan.

– Miksi se ei olisi mahdollista? Suomi on hi-tech maa. Toki tarvitaan valtavasti työtä, eikä pelkästään tiedettä. Pitää osata myös markkinoida.

Tapaamisemme lopussa Akyildiz hätkähdyttää vielä kerran. Hän sanoo uskovansa, että tulevaisuudessa tavaroiden osaksi voidaan rakentaa oikeaa älykkyyttä.

– Ihminen on tehty soluista. Kun osaamme tehdä geneettisesti muokattuja ihmis-soluja, miksi emme osaisi rakentaa tavaroihin nanokoneiden avulla ihmisen kaltaista älykkyyttä. Maailma on sen jälkeen hyvin erilaiselta.

Nanoesineiden internetissä nanotunnistein varustettuja esineitä, nanokokoisia aistimia ja nanokoneita on kaikkialla. Ne välittävät reaaliajassa informaatiota nanoesineiden nettiin.

Tulevaisuuden toimistossa kaikki laitteet, tavarat ja materiaalit sekä niiden kaikki osat ovat yhteydessä nanoesineiden internetiin.

Työpöytäsi pintamateriaalin nanokoneet tarkkailevat toimiston ilmanlaatua. Kehossasi on nanokoneita, jotka kertovat jos verensokerisi kaipaä täydennystä. Jos ne havaitsevat jotakin vakavaa, ne ilmoittavat siitä lääkärille.

– Koska nanokoneet ovat ihmissilmälle näkymättömiä, ne eivät häiritse ketään, ne on helppo hyväksyä, sanoo Akyildiz.

Internetissä olevasta tiedosta valtaosan tuottaa vielä ihminen. Esineiden internetissä tietoa nettiin tuottavat yhä enemmän tavaroissa olevat aistimet ja tunnistet. Nanoesineiden internet syntyy, kun nanometrien kokoiset aistimet, tavarat ja koneet yleistyvät.

Maailmassa tuotetun informaation määrä kaksinkertaistuu kahden vuoden välein. Esineiden internetissä tahti kiihtyy.

Nanoesineiden internetissä liikkuvan tiedon määrää ei kukaan osaa vielä edes arvioida.

Tämä asettaa valtavia vaatimuksia tietoliikenteelle: on saatava käyttöön uusia aallonpituuksia, materiaaleja, menetelmiä, ohjelmia, protokollia ja verkkoarkkitehtuureja.

Siksi Yevgeni Koucheryavy ja Ian Akyildiz etsivät vinkkejä luonnosta. Siellä kolibakteerien kaltaiset nanokoneet ovat viestineet keskenään tehokkaasti jo miljardeja vuosia.