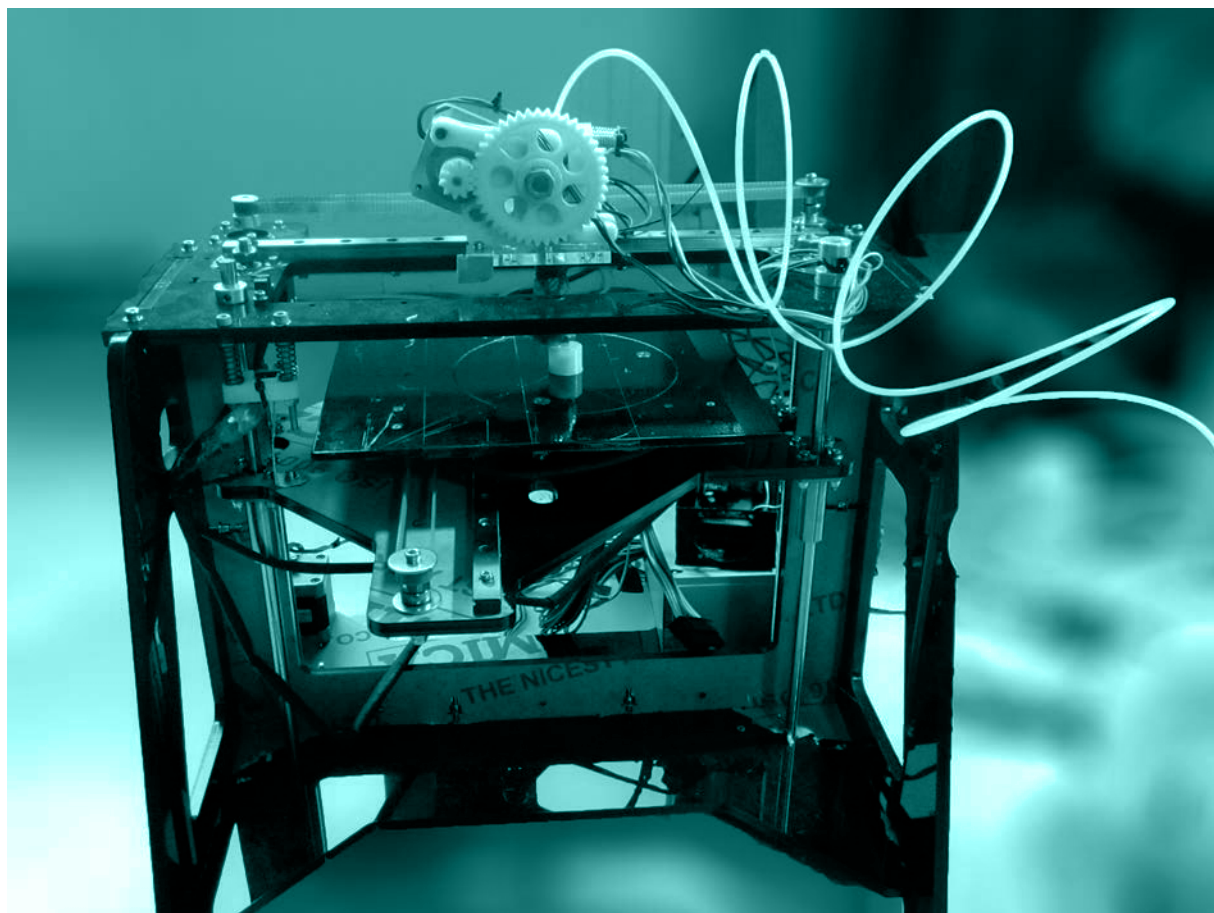


# TULEVAISUUDEN RADIKAALIT TEKNOLOGISET RATKAISUT

## ESISELVITYS



# Tulevaisuuden radikaalit teknologiset ratkaisut

Esiselvitys

Osmo Kuusi

Kannessa 3D-tulostin rakentajansa Aarni Saarimaan kuvaamana.

Takakannessa osa teoksesta Tulevaisuus, Väinö Aaltonen (1932), eduskunnan taidekokoelma.

Kuva Vesa Lindqvist.

Tulevaisuusvaliokunta

00102 Eduskunta

[www.eduskunta.fi/tuv](http://www.eduskunta.fi/tuv)

Helsinki 2013

ISBN 978-951-53-3481-7 (nid.)

ISBN 978-951-53-3482-4 (PDF)

## Tulevaisuusvaliokunnan tehtävät ja rooli

---

Eduskunnan tulevaisuusvaliokunta perustettiin tilapäiseksi valiokunnaksi vuonna 1993 ja vakinaistettiin osana vuoden 2000 valtiosääntöuudistusta.

Kuten muissakin valiokunnissa, tulevaisuusvaliokunnassa on 17 kansanedustajaa. Valiokunnan tehtävänä on käsitellä tulevaisuudenkehitykseen vaikuttavia tekijöitä, tulevaisuuden tutkimusta ja teknologiakehityksen yhteiskunnallisia vaikutuksia.

Muista valiokunnista poiketen tulevaisuusvaliokunta ei yleensä käsittele lakiehdotuksia. Sen sijaan tulevaisuusvaliokunnan toimialaan kuuluvat eduskunnan vastaus valtioneuvoston tulevaisuusselontekoon sekä lausunnot pyynnöstä muille valiokunnille ja valiokuntaan lähetettyjen muiden valtiopäiväasioiden valmistelu. Valiokunnan vastinministeri on pääministeri.

Poikkeuksellisen roolinsa ja tehtävänsä ansiosta tulevaisuusvaliokunta toimii eduskunnan Think Tankina ja palvelee tällä tavalla kansanedustuslaitostamme hankkimalla tietoa päätöksenteon tueksi ja arvioimalla päätösten pitkän aikavälin vaikutuksia.

Tulevaisuusvaliokunnalla on merkittävää näkemysvaltaa niin eduskunnassa kuin laajemminkin suomalaisessa yhteiskunnassa. Tulevaisuusvaliokunta on kansainvälisesti erittäin hyvin verkottunut.

Edelläkävijän roolia ja näkemysvaltaa vahvistetaan hallituskaudella 2011–2015 keskittymällä suoraan demokratiaan, joukkoistamiseen, uuteen viestintään ja sosiaalisen median hyödyntämiseen perinteisten toimintatapojen ohella.



## Sisälllys

---

Tulevaisuusvaliokunnan tehtävät ja rooli	3
Esipuhe	7
Tiivistelmä	8
1. Esiselvityksen peruslähtökohtia	10
1.1. Esiselvityksen tavoitteet	10
1.2. Radikaalit teknologiset ratkaisut ja niiden lupaavuuden peruskysymykset	10
2. Menetelmiä radikaalien teknologisten ratkaisujen tunnistamiseen ja niiden lupaavuuden arviointiin	12
2.1. Monikriteerinen päätöksenteko	12
2.2. Teknologiaindikaattorit	14
2.3. Tulevaisuuksien kartoittamisen menetelmät	17
2.3.1 Delfoi -surveyt	18
2.3.2 Pieneen paneeliin perustuva strategisten läpimurtojen tunnistaminen ja arviointi	23
2.4. Radikaalien teknologisten ratkaisujen osallistava ennakointi	25
3. MIT Technology Review ja sen top 10 listat	27
3.1. Internetin "top technologies" -listat	27
3.2 MIT Technology Review:n nimeämät teknologiset läpimurrot	27
Kirjallisuus	31
Liite 1. Yhteenvetotaulukko nousevista teknologioista	33
Liite 2. Top 10 listojen teknologioita 2001-2012 ja MIT Technology Review:n perusteluita valinnoille	37
Loppuviitteet	60



## Esipuhe

---

Vuonna 1993 perustetun Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan tehtävänä on käsitellä tulevaisuuden kehitykseen vaikuttavia tekijöitä, tulevaisuuden tutkimusta ja teknologiakehityksen yhteiskunnallisia vaikutuksia.

Hallituskaudella 2011–2015 tulevaisuusvaliokunta on käynnistänyt seitsemän jaostoa, jotka tutkivat muun muassa kestäväää, kasvua, uutta oppimista, hyvinvointiyhteiskunnan uudistamista, innostusta ja tekemisen iloa kasvuyrittäjyyden ajurina, joukkoistamista, mustia joutsenia (yllätyksiä) sekä radikaaleja teknologioita.

Radikaalit teknologiat -jaoston tavoitteena on tunnistaa teknologian tulevaisuuden heikot signaalit ja trendit. Tällä tavalla jaosto tukee muiden jaostojen toimintaa tuottamalla näkemysellistä tietoa teknologian tulevaisuudesta.

Jaoston pitkän aikavälin tavoitteena on kehittää myös tulevaisuusvaliokunnan teknologian ennakkoinnin menetelmiä ja työkaluja. Tätä tavoitetta varten jaosto tilasi syksyllä 2012 teknologian ennakkointiin liittyvän esiselvityksen dosentti Osmo Kuuselta. Kuusi on Suomen johtavia teknologian ennakkoinnin osaajia ja myös kansainvälisesti tunnustettu teknologian ennakkoinnin asiantuntija.

Tässä esiselvityksessä Kuusi on tutkinut ja arvioinut erilaisia teknologian ennakkointia harjoittavia organisaatioita: minkälaisia menetelmiä ne käyttävät omassa toiminnassaan ja minkälaisia teknologian tulevaisuuskuvia ne tuottavat?

Esiselvityksen perusteella on jo käynnistetty jatkotyö, jossa ryhmä teknologian ennakkoinnin asiantuntijoita suunnittelee tulevaisuusvaliokunnan käyttöön uutta teknologian ennakkoinnin työkalua. Työkalun tavoitteena on tunnistaa uusia nousevia teknologioita jo kauan ennen kuin ne löytävät tiensä kansainvälisille TOP 10 listoille.

*Ville Vähämäki*

Kansanedustaja  
Tulevaisuusvaliokunta  
Radikaalit teknologiat -jaoston puheenjohtaja



## Tiivistelmä

---

Esiselvityksessä tutkitaan mahdollisuuksia kehittää ennakoinnin työkalu, jolla tunnistetaan radikaalisti suomalaista yhteiskuntaa tulevaisuudessa muuttavia teknologisia ratkaisuja. Esiselvityksen lähtökohtana on ollut, että työkalun sisällöllisen ytimen muodostaa ns. top 20+80 ratkaisu. Tällä tarkoitetaan, että erilaisia ennakoinnin työkaluja soveltaen luodaan kahdenkymmenen järjestykseen asetettavan lupaavimman teknologisen ratkaisun lista. Lupaavuudella tarkoitetaan teknologian merkittäviä tulevia taloudellis-yhteiskunnallisia vaikutuksia, joihin varautumalla Suomi ja suomalaiset voivat menestyä tulevaisuudessa.

Kaavaillussa työkalussa kahtakymmentä keskeisintä teknologista ratkaisua taustoitetaan niitä mahdollistavilla teknisillä edistysaskelilla ja niiden yhteiskunnallisia vaikutuksia arvioidaan monipuolisesti. Top 20 listaa täydennetään lyhyillä maininnoilla 80:stä Suomen tulevaisuuteen merkittävästi vaikuttavista teknologisesta ratkaisusta. Listat eivät ole kertaluontoisia, vaan niitä päivitetään sopivin menettelyin joko jatkuvasti tai tietyin määräajoin kuten esimerkiksi vuosittain tai kerran eduskunnan neljän vuoden vaalikauden aikana.

Esiselvityksessä esitellään neljä systemaattista menettelyä, joilla lupaavia teknologisia ratkaisuja on tunnistettu. Viides, varsin yleinen menettely listojen laadinnassa on intuitioon tai erittelemättömään asiantuntemukseen perustuva valinta. Merkittävimpänä asiantuntevaan intuitioon perustuvana listauksena pidän MIT Technology Review:n vuosittaisia top 10 listauksia. Vuoden aikana tapahtuneita tärkeitä teknologisia edistysaskelien kuvanneita MIT:n listoja on julkaistu vuodesta 2001 lähtien. Tarkastelen raportissa 57 MIT:n listoilla lupaavaksi tunnistettua teknologista ratkaisua. Tarkastelussa ovat mukana kaikki vuosina 2008-2012 nimetyt lupaavat teknologiat ja lisäksi seitsemän aiemmin esitettyä. Kun otetaan huomioon systemaattisten valintamenettelyjen esittelyn yhteydessä mainitut teknologiset ratkaisut, raportissa on esitetty top 20+80 listan pohjaksi noin sata eri tavoin lupaavaksi arvioitua teknologista ratkaisua.

Jokaisella esittelemälläni neljällä systemaattisella tavalla tunnistaa ja arvioida lupaavia teknologisia ratkaisuja on vahvuutensa ja heikkoutensa. Myös viidennellä mahdollisuudella eli asiantuntevaan intuitioon perustuvalla valinnalla on hyviä ja huonoja puolia:

- Monikriteerinen päätöksenteko on vahvimmillaan arvioinnin kriteerien asettamisessa ja painottamisessa. Siitä on vain vähän apua lupaavien ehdokkaiden tunnistamisessa top 20+80 listoille.
- Teknologiaindikaattoreilla voi löytää tärkeitä alueita, joilta lupaavia teknologisia ratkaisuja kannattaa etsiä. Niillä on kuitenkin vaikea tunnistaa vasta aivan nousussa alussa olevia ratkaisuja.
- Jos tulevaisuuden kartoittamisen menetelmiksi kutsumani (mm. Delfoi-menetelmä) perustuvat keskitason asiantuntijoiden keskiarvomieliapiteisiin, löydetään tyyppillisesti vain jo tärkeytensä osoittaneita ratkaisuja. Uhkana on jopa poimia ratkaisuja, joiden lupaavuus on jo hiipunut vielä paremman ratkaisun ilmaannuttua. Jos

sen sijaan painotetaan luovien huippujen etsimistä panelisteiksi ja pannaan heidät haastamaan argumentein toistensa mielipiteet, voidaan löytää todella kiinnostavaa.

- Muita kuin nimettyjä asiantuntijoita hyödyntävä eli osallistava lupaavien mahdollisuuksien tunnistaminen ja arviointi on ratkaisevasti helpottunut internetin ansiosta. Osallistavan ennakkoinnin merkitystä ovat lisänneet myös asiantuntijoiden virhearvioinnit mm. liittyen ydinvoiman turvallisuuteen. Top 20+80 listojen laadinnassa kansalaisten avointa osallistumista voidaan käsitykseni mukaan hyödyntää parhaiten listojen päivittämisessä sovitulla kriteereillä.
- Jos perustelematta esitettyjen listojen taustalla on korkeatasoista asiantuntemusta, niistä voi tunnistaa hyviä ehdokkaita ensimmäiselle top 20+80 listalle. Vaikka MIT Technology Review:n listojen laatijoiden asiantuntemusta ei ole syytä epäillä, heidän valintaperusteensa eivät luultavasti ole Suomen tulevan kehityksen kannalta parhaita mahdollisia. Niinpä heidän lupaaviksi tunnistamiaan ratkaisuja on tärkeää arvioida Suomen tulevaisuuden kannalta tärkeillä arviointikriteereillä.

# 1. Esiselvityksen peruslähtökohtia

---

## 1.1. Esiselvityksen tavoitteet

Esiselvityksellä tutkitaan mahdollisuuksia kehittää jatkuvasti tulevaisuusvaliokuntaa ja yleisesti suomalaista yhteiskuntaa palveleva radikaalien teknologioiden ennakkoinnin työkalu. Tässä tarkoituksessa esiselvitysraportissa:

- Esitetään lyhyt yleiskatsaus teknologian tulevien mahdollisuuksien ennakkoinnin menetelmiin erityisesti lupaavien radikaalien teknologisten ratkaisujen tunnistamisen kannalta.
- Kartoitetaan maailmanlaajuisesti keskeisiä lupaavia radikaaleja teknologisia ratkaisuja ennakoineita tutkimuslaitoksia, yrityksiä tms. Raportti kuvaa ko. organisaatioiden ennakkoinnissa käyttämiä menetelmiä ja muodostamia lupaavien teknologisten ratkaisujen luetteloja.
- Esitetään poimintoina ennakkoinneista noin sata eri tavoin kiinnostavaksi tai lupaavaksi tulkittua teknologista ratkaisua

Esiselvityksen lähtökohtana ovat tulevaisuusvaliokunnan jo tekemät päätökset liittyen työkaluun. Kehitettävän työkalun sisällölliseksi ytimeksi on päätetty alustavasti top 20+80 ratkaisu. Tulevaisuusvaliokunta on joulukuussa 2012 kolme toisiinsa liittyvää tarjousta hyväksyessään määritellyt työvaiheet, joilla ensimmäinen top 20+80 ratkaisu toteutetaan.

Jos top 20+80 ratkaisu toteutetaan syksyllä 2012 kaavailusti, työkalu sisältää kahdenkymmenen järjestykseen asetettavan lupaavimman teknologisen ratkaisun listan. Top 20 listaa täydennetään lyhyillä maininnoilla 80:stä Suomen tulevaisuuteen merkittävästi vaikuttavista teknologisista ratkaisuista. Listojen ei ole tarkoitus olla kertaluontoisia. Tarkoitus on, että niitä päivitetään sopivin menettelyin joko jatkuvasti tai tietyin määräajoin. Päivitys voisi tapahtua esimerkiksi vuosittain tai kerran eduskunnan neljän vuoden vaalikauden aikana.

## 1.2. Radikaalit teknologiset ratkaisut ja niiden lupaavuuden peruskysymykset

Millaisia piirteitä on liitettävissä lupaavaan radikaaliin teknologiseen ratkaisuun? Yleisellä tasolla lupaavuudella voitaisiin viitata teknologian merkittäviin tuleviin taloudellis-yhteiskunnallisiin vaikutuksiin, joihin varautumalla Suomi ja suomalaiset voivat menestyä tulevaisuudessa. Näin sillä tarkoitettaisiin mm. teknistä läpimurtoa (esim. grafeenin uusi halpa valmistustekniikka), monia teknologioita yhdistellen aikaansaattua tuotetta (esim. ilman kuljettajaa kulkeva auto) tai vanhoja käytäntöjä radikaalisti uudistavaa teknis-yhteiskunnallista ratkaisua (esim. potilaiden itse tekemiin diagnooseihin perustuva terveydenhuolto). Erona jo lupauksensa lunastaneeseen ratkaisuun lupaavuus edellyttäisi huomattavaa vaikutuksen lisääntymistä tulevaisuudessa.

Monikriteerisen päätöksenteon (multi criteria decision making/analysis) tieteellisestä kirjallisuudesta on löydettävissä yleispäteviä lähtökohtia lupaavien ratkaisujen listojen perustellulle ja systemaattiselle rakentamiselle. Näitä lähtökohtia on eritelty mm. vuonna 2010 julkaistussa kokoomajulkaisussa Handbook of Multicriteria Analysis<sup>1</sup>. Monikriteerisen päätöksenteon kirjallisuuteen viitaten radikaalien teknologisten ratkaisujen top 20+80

listan laadinta perustellulla ja systemaattisella tavalla edellyttää seuraaviin kysymyksiin vastaamista:

1. Miten tunnistetaan monipuolisesti teknologisia ratkaisuja, joiden lupaavuutta arvioidaan?
2. Millä kriteereillä asettaminen lupaavuusjärjestykseen tapahtuu?
3. Kuka tai ketkä päättävät kriteereistä?
4. Mikä on eri kriteerien paino lupaavuusjärjestykseen asetettaessa? Ovatko kriteerit toisistaan riippumattomia vai johtaako esimerkiksi vähäinen lupaavuus jossain kriteerissä aina kokonaislupaavuuden vähäisyyteen?
5. Kuka tai ketkä asettavat painot eri kriteereille ja päättävät kriteerien riippumattomuudesta?
6. Miten kunkin teknologisen ratkaisun lupaavuus tietyssä kriteerissä arvioidaan ja kuinka otetaan huomioon ratkaisujen riippuvuus toisistaan?
7. Kuka tai ketkä arvioivat tietyn ratkaisun lupaavuuden eri kriteereissä?

Kaikki ennakoitimenettelyt, jotka asettavat teknologisia ratkaisuja lupaavuusjärjestykseen, vastaavat tavalla tai toisella edellä esitettyihin kysymyksiin. Näin tapahtuu myös silloin, kun valinnassa ei viitata johonkin em. kysymyksistä.

Eri ennakkoinnin menetelmissä korostetaan vaihtelevilla tavoilla kutakin kysymyksistä. Listojen luomiseen ja päivittämiseen soveltuvat menetelmät voidaan kysymyksiä eri tavoin painottavina jaotella neljään pääryhmään: monikriteerisen päätöksenteon menetelmät, teknologiaindikaattoreihin perustuvat menetelmät, tulevaisuuksien kartoittamisen menetelmät sekä osallistava ennakointi.

## 2. Menetelmiä radikaalien teknologisten ratkaisujen tunnistamiseen ja niiden lupaavuuden arviointiin

---

### 2.1. Monikriteerinen päätöksenteko

- Monikriteerisen päätöksenteon menetelmät eivät juuri ole avuksi ehdokkaiden löytämiseksi radikaalien teknologisten ratkaisujen listoille. Sen sijaan ne tarjoavat välineitä, joilla ratkaisuja voidaan asettaa lupaavuusjärjestykseen. Arvioijien tai päätöksentekijöiden hyvin perustellun valinnan ohella näissä menetelmissä kiinnitetään erityistä huomiota arviointikriteerien täsmentämiseen ja kriteerien tärkeyspainojen asettamiseen. Suomessa Aalto yliopiston Systeemanalyysin laboratorio on ollut keskeinen tällaisten menetelmien kehittäjä. Ensimmäisen mittavampi menetelmäkokeilu liittyi kansanedustajien energiapoliittisten näkemysten kartoittamiseen (Hämäläinen 1991).

Monikriteeristä päätöksentekoa havainnollistaa kolmitasoinen päätöspuu, jota käytettiin monien julkisorganisaatioiden ja teollisuuden yhteisesti rahoittamassa Tekesin WoodWisdom-klusteriohjelman arvioinnissa (Salo ym. 2004). Vuonna 2001 käynnistyneen arvioinnin kohteena oli vuonna 1996 alkanut kokonaisrahoitukseltaan noin 40 miljoonan euron tutkimusohjelma. Sen 130:en osaprojektiin osallistui 400 tutkijaa ja 70 tutkimusorganisaatiota. Suomalaisen WoodWisdom ohjelman pohjalta käynnistyi vuonna 2004 edelleen jatkuva EU:n WoodWisdom-Net ohjelma. Tässä ohjelmassa suomalaisten rooli on ollut erittäin vahva ja se on johtanut jatkuviin parannuksiin puunjalostuksessa käytettyihin menetelmiin.

WoodWisdom-klusteriohjelman päätavoitteeksi oli määritelty pitkän ajan teollisen kilpailukyvyn edistäminen. Tätä pyrittiin klusterihankkeessa edistämään kahdella päätöspuun 1-tasolla esitetyllä tavalla: tavoitetutkimusta vahvistamalla ja tutkimusyhteistyötä kehittämällä. Nämä arvioinnin pääkriteerit jakautuivat taulukon 2.1. tapaan 2. tason ja 3. tason kriteereiksi.

Kriteerien painotus tapahtui yksinkertaisella summaperiaatteella siten, että kullakin kolmella tasolla vaihtoehdot painotettiin 100:ksi summautuviksi. Esimerkiksi kolmannella tasolla teknis-luonnontieteellisen tutkimuksen kolmelle vaihtoehdolle - perustutkimus, soveltava tutkimus ja tuotekehitys - annetaan painot siten, että niiden summa on 100. Toisella tasolla painotetaan samalla tavoin tavoitetutkimuksen vaihtoehtoja teknis-luonnontieteellistä tutkimusta ja muuta tutkimusta. Ensimmäisellä tasolla sata painopistettä jaetaan tavoitetutkimuksen vahvistamiseen ja tutkimusyhteistyön kehittämisen kesken. Niinpä jos esimerkiksi 3. tason perustutkimus saa painon 30, teknis-luonnontieteellinen tutkimus 70 ja tavoitetutkimus 50, perustutkimuksen yleiseksi tärkeydeksi muodostuu 30x70x50 jaettuna 100x100x100 eli 0,105 eli perustutkimuksen kokonaispaino on 10,5 %. Tällaisten kokonaispainojen laskenta on ollut helppo automatisoida käytettyjen asiantuntijoiden eri tasoille asettamien painojen pohjalta. Käytännössä WoodWisdom-klusteriohjelman tavoitteiden painottaminen aloitettiin 1. tasolta edeten 3. tasolle (yleisestä erityiseen) Myös vastakkaista etenemissuuntaa (eli erityisestä yleiseen) voidaan joskus perustella sillä, että yleiskäsitteiden sisältö tulee näin selkeämmäksi.

**Taulu 2.1. WoodWisdom ohjelman arvioinnin päätöspuu.**

Päätavoite	1. taso	2. taso	3.taso
Pitkän ajan teollisen kilpailukyky	Tavoitetutkimuksen vahvistaminen	Teknis-luonnontieteellinen tutkimus	Perustutkimus
			Soveltava tutkimus
			Tuotekehitys
		Muu tutkimus	Taloustieteellinen tutkimus
			Ympäristötieteellinen tutkimus
			Yhteiskuntatieteellinen tutkimus
	Tutkimusyhteistyön kehittäminen	Tutkimusyksiköiden välinen yhteistyö	Tutkimusyhteistyön lisääminen
			Uusien yhteistyöverkoston luominen
		Tutkimusyksiköiden ja teollisuuden välinen yhteistyö	Tutkimusyhteistyön lisääminen
			Uusien yhteistyöverkoston luominen
Kansainvälinen tutkimusyhteistyö			

Käytännössä painojen asettaminen eri tasoille tapahtui viidessätoista työpajassa. Useimpiin työpajoihin osallistui fasilitaattorin ja hänen teknisen avustajansa ohella noin seitsemän osaprojektin edustajaa ja ohjelmapäällikkö. Työpajojen ohjelma alkoi läsnäolijoiden esittäytymisellä ja projektien esittäytymisillä puheenvuoroilla. Tämän jälkeen vuorossa oli päätöspuulla tehty arvio tutkimusalueen kehittämiseen liittyvistä haasteista. Painojen antaminen kullekin kriteerille tapahtui puoliympyrän muotoisessa tilassa käyttäen yhtätoista samaan lähiverkkoon kytkettyä kannettavaa tietokonetta. Osallistujille esitettiin kaikkien läsnäolijoiden antamien arvioiden keskiarvot ja hajonnat, mutta ei sitä, kuka minkin arvion oli esittänyt. Kannettavista tietokoneista ja ohjelmistotuesta rakentuva päätöksenteon tukijärjestelmä salli myös anonyymien sanallisten kommenttien esittämisen.

Vaikka en pidä mielekkäänä, että top 20+80 listaehdokkaita arvioitaisiin yllä esitetyn kaltaisella varsin raskaalla menetelyllä, taulukon 1 kaltainen päätöspuu painoinen voisi olla hyödyllinen ainakin top 20 listaa määriteltäessä.

Seuraavassa on esitetty alustavia radikaalin teknologisen ratkaisun lupaavuuden kriteereitä, joita ei ole asetettu päätöspuun muotoon. Niitä on tarpeen kehittää edelleen työkalun lähtökohtaversiota tai prototyyppiä rakennettaessa. Ensimmäistä top 20+80 listaa valmistettaessa on myös päätettävä siitä, kuka/ketkä jatkossa valmistelevat esityksiä kriteereistä ja niiden saamista painoista ja ketkä viime kädessä päättävät niistä.

1. Teknologiaan perustuva ratkaisu on teknisessä mielessä mahdollinen ja taloudellinen (tekninen kustannustehokkuus verrattuna aikaisempiin ratkaisuihin), jos ratkeaviksi uskotut tekniset ongelmat voidaan todella ratkaista
2. Ratkaisu on taloudellisesti ja yhteiskunnallisesti mahdollisuutena tärkeä. Tuotannon kasvu ja bruttokansantuotteen lisääntyminen kuvaavat puutteellisesti ratkaisun tärkeyttä. Tärkeää on myös ympäristön kannalta kestävä kehitys. Kansalaisten kannalta olennaisia kysymyksiä ovat mm. ratkaisun vaikutukset elämän hallittavuuteen ja vaatimuksiin käyttää aikaa epämieluisiin tehtäviin.

3. Teknologia voi olla merkittävä monenlaisten sovellutustensa vuoksi (ns. geneeriset teknologiat) tai johonkin sektoriin kohdistuvien erityisen voimakkaiden vaikutuksen vuoksi. Teknologisen ratkaisun vaikutukset voivat olla joko Suomeen kohdistuvia tai maailmanlaajuisia. Teknologiaan perustuvia ratkaisuja on tarkoitus arvioida ensi sijassa niiden maailmanlaajuisen merkityksen kannalta ja toissijaisesti niiden merkityksen kannalta Suomessa.
4. Teknologiaan perustuva ratkaisu on osaamisen osalta vasta vaiheessa, missä Suomella on mm. vielä mahdollisuus kehittyä siihen perustuvan tuotannon olennaiseksi viejäksi tai ratkaisu voisi toisaalta olennaisesti vaikuttaa tuontitarvetta vähentävällä ja paikallista työllisyyttä kilpailukykyisesti tukevalla tavalla. Innovaation käyttöönottoon voidaan vaikuttaa mm. koulutusta järjestämällä ja yhteiskunnan rahoittamalla pilotoinnilla.
5. Teknologisen ratkaisun käyttöönottoon voidaan vaikuttaa julkisen vallan säätelyä kehittämällä käyttöönoton edellytyksiä luomalla ja ennakoituja haittoja vähentämällä

## 2.2. Teknologiaindikaattorit

Teknologiaindikaattoreilla lupaavuutta arvioidaan tyypillisesti menneen kehityksen pohjalta. Indikaattoreilla voidaan tunnistaa lupaavia teknologisia ratkaisuja perustuen tutkija- ja kehittäjäyhteisön, teknologian soveltajien tai suuren yleisön osoittamaan kiinnostukseen. Lukumääriin perustuvina (kvantitatiivisina) niillä voidaan myös arvioida eri teknologioiden suhteellista lupaavuutta. Erityisen hyvin indikaattorit soveltuvat niiden teknologisten alueiden tai perusratkaisujen määrittelyyn, joilta lupaavia radikaaleja teknologisia innovaatioita kannattaa etsiä.

Tutkija- ja kehittäjäyhteisön kiinnostusta kuvaa mm. tiettyyn teknologiaan liittyvien patenttien määrä. Patenttien lukumäärä kuvastaa varsinkin sovelluksiin johtavia teknisiä mahdollisuuksia. Patenttien perusteluosioista löytyy usein kuitenkin myös hyvin perusteltuja arvioita teknologian tulevasta yleisestä merkityksestä, vaikka patenttoijan periaatteessa kannattaisi oman etunsa vuoksi olla liikaa korostamatta ainakaan keksintönsä taloudellisia mahdollisuuksia. Patenttien keskinäiset sitaatit kuvaavat teknologioiden välisiä riippuvuussuhteita.

Seuraavassa taulukossa on arvioitu erilaisten nanohiilten lupaavuutta kaikkien myönnettyjen patenttien määrällä ja uusien patenttien osuudella (vrt. Kauppinen ym. 2010). Tarkastellut patentit on poimittu cemet -tietokannasta, johon on kerätty kaikki maailmassa myönnetyt patentit vuoden 1978 jälkeen. Tämä tietokanta on käytettävissä Euroopan Patenttitoimiston kotisivuilta osoitteesta [www.epo.org](http://www.epo.org).

Vertailu tehtiin alun perin 1978–15.2.2010 myönnettyillä patenteilla, joiden otsikoissa tai abstrakteissa esiintyy sanoissa tai sanan osissa nano, nanotube, fullerene tai graphene. Uusimmiksi tulkittiin alkuperäistutkimuksessa 1.1.2009–15.2.2010 myönnetyt patentit. Olen täydentänyt tätä aineistoa uusimmilla 16.2.2010–30.12.2012 myönnettyillä patenteilla. Määrät on pyöristetty lähimpään sataan.

**Taulu 2.2. Nanohiilien patentit eri ajankohtina ja niiden osuus kaikista nano-patenteista**

Hakusana patentin abstraktista tai otsikosta	1978–15.2.2010 cemet-tiedoston patentit	Myönnetty patentit 1.1.2009-15.2.2010	Patenttien lisäys keskimäärin vuodessa (2009-2010)	Myönnetty patentit 16.2.2010-30.12.2012	Patenttien lisäys keskimäärin vuodessa (2010-2012)
nano	37100	6100	17%	24000	17%
(carbon) nanotube	7500	1400	20%	7500	26%
fullerene	2800	200	7%	900	10%
graphene	400	200	89%	3100	105%

Taulu osoittaa, että nanotekniikan sovelluksissa kannattaa kiinnittää erityistä huomiota (hiili)nanoputkiin ja grafeeniin liittyviin ratkaisuihin. Uusimmista nanoon viittaavista patenteista 44 % viittaa ainakin toiseen niistä. Molempien osuus nanopatentoinnissa näyttäisi sitä paitsi olevan edelleen nousussa. Tämä koskee varsinkin grafeenia, mutta on huomattava, että edelleen hiilinanoputkeen viittaavia uusia patenteja on yli kaksi kertaa enemmän kuin grafeeniin viittaavia.

Fullereeneihin liittyvä patentointi on ollut sen sijaan selvästi hiipumassa, vaikka lievää pirstymistä on havaittavissa aivan viime vuosina. Uudet mahdollisuudet liittyvät ehkä fullereenin yhdistämiseen muihin materiaaleihin. Sellainen on mm. nanoputken ja fullereenin yhdistelmänä syntynyt Suomessa kehitetty nanobud -materiaali. Aineistosta löytyy 4 siihen viittaavaa patenttia.

Tulevaisuusvaliokunnan hankkeessa kannattaa mielestäni kiinnittää erityistä huomiota patenttien tarjoamaan tietoon. Näin hanke voi paikata aukkoa suomalaisessa ennakointi- ja arviointitoiminnassa. Täällä ei ole osattu kunnolla hyödyntää patenttien sisältämiä varhaisia merkkejä nousevista teknologioista. Tekesin osalta tähän aukkoon viittasi kolmen kansainvälisen tutkijan - Rosa Kuipers, Rik Frankfort ja René Bongard – tekemä ehdotus Tekesin arvioimiseksi vuonna 2007.<sup>2</sup> Tarjouksessaan he kiinnittivät erityistä huomiota radikaalien teknologisten ratkaisujen taustalla tyypillisiin geneerisiin teknologioihin, missä patentointi ei rajoitu vain yhdelle tai harvoille sektoreille. Juuri tällaisten ”spillovereiden” pitäisi heidän mukaansa kiinnostaa Tekesiä. Tässä hengessä mm. Saksan Opetus- ja tutkimusministeriö toteutti omaa kansallista ennakoitiprojektiaan 2006–2009.<sup>3</sup> Sille määriteltiin seuraavat tavoitteet, joista varsinkin toinen liittyy läheisesti yllä esitettyyn:

- Uusien tutkimuksen ja teknologisen kehityksen painopisteiden tunnistaminen
- Tunnistaa tutkimuksen ja innovoinnin perinteisiä aloja yhdistäviä kiintoisia teknologisen kehityksen aloja.
- Etsiä teknologisen kehityksen ja innovoinnin alueita, joilla strategiset kumppanudet ovat mahdollisia
- Tutkimuksen ja kehitystyön prioriteettialueiden päättelyminen



Vuonna 2010 julkaistiin Tekesin Nanotekniikka-ohjelman arviointi Gaia Consulting OY:n tekemänä. Se on yksi osoitus Tekesin arviointia ehdottaneiden havaitsemasta patenttiaineistojen puutteellisesta käytöstä. Kun arvioinnissa sivuutettiin patenttiaineistot, raportissa ei oivallettu nanohiilien – erityisesti nanoputkien ja grafeenin - keskeistä asemaa nanotekniikan kehityksessä. Lukuun ottamatta Amroy Europe-yhtiön ja sen varhaisen nanoputkiin perustuneen menestystuotteen case -kuvausta nanoputket mainittiin raportissa ohimennen vain muutaman kerran. Grafeeni-sanaa ei esiintynyt raportissa kertaakaan ja fullereeni vain kerran.

Lupaavia poikkeuksia patenttiaineistojen käytössä ovat kaksi Tekesin Ubicom -ohjelman VTT:ltä tilaamaa raporttia, joita niitäkin voi tosin arvostella patenttiaineiston varsin kaavamaisesta tilastoivasta käytöstä. Raportit ovat Ubicom Innovaatiomaisema 2009 ja sen vuoden 2012 päivitys.<sup>4</sup> STN AnaVist text mining-työkalua käyttäen raportit ovat pyrkineet tunnistamaan tutkimuskohteeseen liittyvät sovellusalueet, tutkimuksen ja liiketoiminnan trendit, alan merkittävimmät toimijat sekä heidän välisensä yhteistyö. Viimeisimmässä innovaatiomaisema-julkaisussa aihetta lähestytään teknis-tieteellisten julkaisuiden (30 010 kpl) ja patenttijulkaisuiden (14 598 kpl, patentit ja patenttihakemukset) kautta.

Myöskään Google-latausten määrää on käytetty ainakin Suomessa vähän teknologioiden tulevaisuuden mahdollisuuksien tarkastelussa, vaikka ne kuvaavat hyvin suuren yleisön kiinnostusta ja käsityksiä teknologian kehitysmahdollisuuksista. Olen käyttänyt patenttien ja skenaarioyhteensopivuuden ohella tätä indikaattoria ilmastonmuutoksen kannalta olennaisimpien tulevaisuuden ammattien tunnistamiseen (Kuusi 2013a).

Olen seuraavassa taulukossa liittännyt ammatit, patentit ja Google -lataukset toisiinsa ammattia luonnehtivin avainkäsittein. Taulukon ensimmäisessä sarakkeessa on mainittu arvioitava ammatti. Toiseen sarakkeeseen on laskettu Yhdysvalloissa ajanjaksolla 11.6.2010-11.6.2012 hyväksytyt patentit<sup>5</sup>, joita on luonnehdittu tai perusteltu sarakkeessa mainitulla avainkäsitteellä tai avainkäsitteillä. Taulukon kolmas sarake kuvaa 11.6.2010–11.6.2012 hyväksytyjen patenttien osuutta kaikista niistä vuoden 1976 jälkeen hyväksytyistä patenteista, jotka käyttävät avainkäsitteitä.

Neljännessä sarakkeessa on sanallisesti luonnehdittu avainkäsitettä/avainkäsitteitä käyttäneiden Google hakujen määrän kehitystä. Lähteenä on ollut Google Trend -palvelu ([www.google.fi/trends](http://www.google.fi/trends)).

Taulukon perusteella radikaaleja teknologisia läpimurtoja voi odottaa enemmän suoran aurinkovoiman kuin tuulivoiman suunnasta. Tätä johtopäätöstä tukevat sekä uusien patenttien osuus että Google-latausten kehitys. Myös aurinkosähkön ja sähkökulkuneuvojen kehityksen kannalta keskeiset litium-akut ovat uusilla patenteilla mitaten kehittymässä varsin nopeasti. Lupaavaa on, että patenttoijat viittaavat kasvavassa määrin patenttidokumenteissaan ilmaston muutokseen ja että hiilidioksidin talteenotto on yksi nopeimmin kasvaneista patentoinnin sektoreista. Näin siitä huolimatta, että hiilidioksidin talteenottoon liittyvien Google-latausten määrä on vähentynyt.

Puumateriaalien tulevaisuuden osalta suhteellisesti vähäinen uusi patentointi kertoo hitaasti kehittyvästä alasta. Huomionarvoista on kuitenkin erittäin nopeasti lisääntyvä kas-

vien geneettiseen muunteluun liittyvä patentointi. Yleisön hieman hiipunutta kiinnostusta Google latausten määrällä mitaten voi pitää jopa lupaavana merkinä, koska se mahdollisesti viittaa tähän teknologiaan liittyvien perusteettomien pelkojen hiipumiseen.

**Taulu 2.3. Tulevaisuuden” vihreiden ammattien” lupaavuuden arviointia patenteilla ja google-latauksilla**

	<b>Ammatin avainkäsite tai käsitteet ja niitä käyttäneet</b>  <b>11.6.2010 -11.6.2012 hyväksytyt uudet patentit</b>	<b>Uusien patenttien osuus vuoden 1976 jälkeen hyväksytyistä</b>	<b>Avainkäsitteisiin liittyvät Google-lataukset</b>
<b>Ilmastonmuutoksen torjunnan asiantuntija</b>	Avainkäsite: ‘climate change’ 1115	19 %	Vähenevät lataukset vuoden 2010 jälkeen
<b>Aurinkovoima-asiantuntija (suora aurinkovoima)</b>	Avainkäsite: ‘solar power’ 5601	17 %	Lataukset pysyneet samana vuodesta 2007
<b>Tuulivoima-asiantuntija</b>	Avainkäsite: ‘wind power’ 5685	13 %	Vähemmän latauksia 2008 jälkeen
<b>Hiiidioksidin sitomisen asiantuntija</b>	Avainkäsitteet: ” carbon dioxide capture” 2104	24 %	Vähemmän latauksia 2007 jälkeen
<b>Ydinvoima-asiantuntija</b>	Avainkäsite: ‘nuclear power’ 3929	11 %	Lataukset pysyneet samana vuodesta 2004, Fukusima piikki 2011
<b>Akkuasiantuntija</b>	Avainkäsitteet: battery / ‘lithium battery’ 3925/437	10 % / 17 %	Lisää latauksia 2007 jälkeen
<b>Puumateriaalien kestävän käytön asiantuntija</b>	Avainkäsitteet: timber/wooden/wood 502/2080/12589	8 % / 6 % / 7 %	Lataukset pysyneet samana vuodesta 2008
<b>Selluloosa- tai hemiselluloosa- etanolin tuotannon asiantuntija</b>	Avainkäsite: ‘cellulose ethanol’ 10316	10 %	Vähemmän latauksia 2008 jälkeen (“bioethanol”)
<b>Geneettisesti muunneltujen kasvien tai levien asiantuntija</b>	Avainkäsitteet: ‘transgenic plant’/‘transgenic algae’ 4060/481 molemmat kasvavia	18 % / 22 %	“Transgenic plant” vähemmän latauksia vuodesta 2005, “algae” kasvuhiippu 2009

### 2.3. Tulevaisuuksien kartoittamisen menetelmät

Tulevaisuuksien kartoittamisen menetelmien avainpiirteeksi tulkitsemisen haastavat asiantuntija-arviot. Teknologisen ratkaisun lupaavuutta arvioidaan asiantuntija-arvoilla joko anonymisti tai siten, että muut asiantuntijat tietävät arvion esittäjän. Joissain menetelmissä asiantuntijat saavat muuttaa arvioitaan nähtyään toisten esittämät arviot, toisissa menetelmissä ei. Joissain menetelmissä ainoa toisilta välitetty palaute on luonteeltaan nu-

meerisesti yhteen vetävää (kuten enemmistön tai mediaanivastaajan näkemyksiä), toisissa menetelmissä paino on toisten esittämässä asiaperusteluissa.

Kartoittamisen menetelmiin sisällytän perinteinen survey-tutkimuksen (anonyymi, ei palautetta), Delfoi -surveyt (anonyymi, palaute numeerista), Argument Delphi-menetelmän (anonyymi, numeerista palautetta olennaisempi asiaperusteinen), erilaiset tulevaisuus-verstaat (ei-anonyymi, asiaperusteinen), äänestämällä muodostettavat tulevaisuustaulut ja skenaariot (tyypillisesti ei-anonyymi, numeerinen ja asiaperusteinen) (vrt. Kamppinen ym. 2002, Kuusi 2013b).

Monet monikriteerisen päätöksenteon menetelmäsovellukset perustuvat asiantuntija-arvioiden käyttöön edellä viitatus Suomessa kehitetyn menetelmäversion tavoin. Tältä pohjalta ne voitaisiin myös tulkita tulevaisuuksien kartoittamisen menetelmiksi. Verrattuna monikriteerisen päätöksenteon menetelmiin arviointikriteerejä väljemmin käyttävät Delfoi-tutkimukset mahdollistavat kuitenkin useampien ja vaikutuksiltaan epävarmempien ratkaisujen tunnistamisen. Kaikki teknologisen kehityksen alueet kattavina erityisesti laajat kansalliset Delfoi-survey -tutkimukset ovat mielestäni kiinnostavia ehdokkaiden etsinnässä top 20+80 listalle.

### 2.3.1 Delfoi -surveyt

Radikaaleja teknologisia innovaatioita on viime vuosikymmeninä etsitty systemaattisimmin Delfoi -survey-tutkimuksilla. Niiden tekeminen koki toistaiseksi vahvimman noususuhdanteen 1990-luvulla. Boomin virikkeenä olivat Japanissa vuodesta 1971 lähtien viiden vuoden välein tehdyt tutkimukset. Nämä valtiollisen Nistep -tutkimuslaitoksen Delfoi-tutkimukset ”löydettiin” Euroopassa 1980-luvun lopussa. (Irvine & Martin 1989). Olen kuvannut 1990-luvun Delfoi-survey-tutkimuksia laajahkosti väitöskirjassani (Kuusi 1999).

Japanissa tehtyihin tutkimuksiin on kuhunkin osallistunut tuhansia asiantuntijoita, jotka arvioivat noin tuhatta muutamalla rivillä kuvattua teknologian kehitysmahdollisuutta tai ”miniskenaariota”. Englanninkieliseksi nimeksi näille tulevaisuuskeskustelun solmukohdille on vakiintunut ”topic” tai ”issue”. Topic (saksaksi ”Thesis”) on parhaiten käännettävissä suomeksi sanalla ”väite”. Erityisesti silloin, kun teknologia on vasta varhaisessa kehitysvaiheessa, on kuitenkin luontevampaa käyttää tulevaisuuskeskustelun kohteesta käsitettä ”issue” eli suomeksi kiistakysymys.

Kuudennessa Japanin kansallisessa Delfoi-tekniikalla tehdyssä tutkimuksessa prosessiin osallistujia oli noin neljä tuhatta ja arvioitavia väitteitä 1072 (<http://www.nistep.go.jp>). Englannin vuonna 1993 toteutettuun tutkimukseen on arvioitu osallistuneen yhteensä jopa 10000 henkeä. Tässä tutkimuksessa topiceja oli 1207.

Saksassa 1990-luvulla toteutettuun kolmeen tutkimukseen osallistui 500-2000 asiantuntijaa (Cuhls 1998). Kaksi ensimmäistä tutkimusta tehtiin yhteistyössä japanilaisten kanssa käyttäen samoja väitteitä (Cuhls ym. 1994). Laajoja kansallisia Delfoi-tekniikkaan perustuvia foresight-tutkimuksia tehtiin lisäksi muun muassa Ranskassa, Australiassa, Etelä-Koreassa ja Itävallassa (Delphi Report Austria 1998 ja Hjelt et al. 2001). Myöhemmin niitä on tehty mm. Kiinassa.

Japanilaisissa Delfoi-tutkimuksissa asiantuntijat ovat arvioineet tulevaisuusväitteitä kahdessa vaiheessa. Aluksi he ovat esittäneet omat arvionsa siitä, minä vuonna he uskoivat väitteenä esitetyn tulevaisuuden mahdollisuuden toteutuvan. He ovat myös arvioineet eri kannoilta teknologisen ratkaisun tärkeyttä ja sen toteutumisen esteitä. Toisella kierroksella he ovat saaneet tiedon muiden panelistien arvioista erilaisina keskilukuina (yleensä mediaani) ja näkemysten hajontoina. Heille on annettu mahdollisuus muuttaa kantaansa tämän tiedon pohjalta. Kuten tyypillisesti Delfoi-menetelmässä kannat on esitetty ilman, että niiden esittäjää voidaan tunnistaa.

Esimerkiksi Saksan vuoden 1998 Delfoi-tutkimuksessa, joka noudatti japanilaisen esikuvansa toimintaperiaatteita, oli seuraava väite: ”Riskipotilaat ovat yhteydessä lääkäreihinsä diagnosoivien ennakoivien varoitusjärjestelmien välityksellä” (Cuhls et al. 1998). Ison-Britannian tutkimuksessa tarkasteltiin muun muassa seuraavaa väitettä: ”On kehitetty itsensä uusintavia ei-biologisia materiaaleja (kuten maaleja, pinnoitteita tai liimoja)” (Loveridge et al. 1995).

Vastaajat on jaettu tutkimuksissa tyypillisesti kahteen ryhmään: Kaikki vastanneet sekä ne, jotka ovat arvioineet aiheeseen liittyvän asiantuntemuksensa korkeaksi tai melko korkeaksi. Englannin tutkimuksessa (Loveridge et al. 1995) eksperttien ryhmään oikeuttava melko korkea asiantuntemus määriteltiin seuraavasti:

”Olet aiheen asiantuntija siinä mielessä, että tunnet useimmat puolesta ja vastaan esitetyt argumentit koskien aiheen kannalta olennaisia kiistakysymyksiä (issues), olet lukenut asiasta ja olet muodostanut siitä jonkinlaisen mielipiteen.”

Kaikki asiantuntijat eivät tyypillisesti ole kommentoineet kaikkia väitteitä. He ovat kommentoineet ainoastaan sen sektorin väitteitä, jossa heillä on arvioitu olevan yleinen asiantuntemus. Vuonna 1996 Japanissa tehdyssä tutkimuksessa kutakin väitettä arvioineiden lukumäärä vaihteli sadan ja kolmensadan välillä. Englannin tutkimuksessa vastaajia väitettä kohti oli keskimäärin 140. Näistä ilmoittautui edellä mainitun kriteerin täyttäväksi ekspertheiksi keskimäärin 65.

2000-luvulta lähtien Euroopassa on teknologisen kehityksen ennakoinnissa otettu etäisyyttä yllä luonnehdittuun ennakoitikäytäntöön. Erityisesti on siirrytty kansalaisia ja erilaisia teknologioiden kehittämisen sidosryhmiä osallistaviin menetelmiin. Delfoi -menetelmään perustuvia ennakoiteja on tehty 1990-lukua selvästi pienemmin paneelein tai pyytäen alaa erityisen hyvin tuntevia tekemään henkilökohtaisia arvioita tulevasta kehityksestä. Kehittämäni Argument Delphi -menetelmän (Kuusi 1999) tapaan paino on siirtynyt perustelemattomista arvioista entistä enemmän tulevia teknologisia ratkaisuja perusteleisiin argumentteihin tai näkökohtiin.

Vaikka suuriin osallistujajoukkoihin perustuvat survey-tyyppiset Delfoi-tutkimukset ovat viime vuosina vähentyneet, sellaisia kyllä edelleen järjestetään. Japani on jatkanut 5-vuosittein tehtäviä teknologia-survey-tutkimuksiaan jopa entistä suuremmin paneelein, mutta täydentäen paneeleita yhteiskunnallisen kehityksen tuntijoilla ja korostaen entistä enemmän teknologioiden yhteiskunnallista hyväksyttävyyttä. Ennakoinnin kohteita erityisen hyvin tuntevilta asiantuntijoilta on myös pyydetty esseemuotoisia arvioita. Euroopassa monien saksalaisten yritysten konsortio (mm. Deutsche Telekom ja Siemens) organisoii 2009

Delfoi-tutkimuksen ”Prospects and opportunities of information technology and media”, johon kutsuttiin 795 asiantuntijaa ja joihin sen kahdella Delfoi-kierroksella osallistui 551 ja 439 eksperttiä ([www.tns-infratest.com/.../International\\_Delphi\\_Study\\_2030](http://www.tns-infratest.com/.../International_Delphi_Study_2030).)

Nistep tutkimuslaitos kuvasi 15.12.2012 kotisivuillaan seuraavasti ennakointitoimintaansa<sup>6</sup>:

Nistepin tieteen- ja teknologian kehitystä ennakoiville survey-tutkimuksille on luonteenomaista pitkä aikahorisontti, laaja-alainen osallistujajoukko ja vaihtelevat näkökulmat. Niiden tarkasteluhorisontti ulottuu keskipitkäästä aina 30 vuoden päähän saakka. Ne hyödyntävät suurta määrää asiantuntijoita ja laaja-alaisia keskusteluja, jotka eivät kohdistu vain teknologian kehittäjiin (tiedemiehet ja insinöörit) vaan myös niiden käyttäjiin mukaan lukien humanistit ja yhteiskuntatieteilijät. Käyttäen erilaisia menetelmiä Nistep tarjoaa ”ideaalisen” yhteiskunnan visioita ja sitten tunnistaa T&K:ta, joka voi toteuttaa nämä visiot.

Kun lupaavia radikaaleja teknologisia ratkaisuja etsitään japanilaisen perinteen mukaisia Delfoi-tutkimuksia hyödyntäen, huomiota ei kannata kohdistaa vain uusimpiin tutkimuksiin. Ennakointitoiminta tyypillisesti yliarvioi tuoreimpia löydöksiä ja aikaisemmin tärkeiksi arvioitujen teknologioiden kohtaamia esteitä. Vanhempien tutkimusten tarkastelu on hyödyllistä myös tehtyjen ennakointien osuvuuden arvioimiseksi.

Pyrkimättä kattavaan esitykseen, nostan seuraavassa esiin joitakin erityisen tärkeiksi tunnistettuja teknologisia edistysaskelia kahdesta viimeisestä Japanin T&K survey-tutkimuksesta. Toiseksi viimeinen tutkimus tehtiin vuoden vaihteessa 2004–2005 ja siihen osallistui 2659 asiantuntijaa (<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/eng/rep071e/idx071e.html>). Japanilaisten asiantuntijoiden keskimääräinen arvio tärkeydestä oli korkein seuraavissa kehitysaskelissa. Suluissa on asiantuntijoiden mediaaniarvio toteutumivuodesta:

1. Satelliittien, GPS:n, miehittämättömien lentokoneiden tms. avulla toteutettava riskien hallintajärjestelmä, joka havaitsee onnettomuudet, osaa tulkita ne ja lähettää tiedon sopivalle taholle (2014)
2. Maanjäristysten kattava ennakointijärjestelmä suurissa asutuskeskuksissa, vuoristoalueilla ja mannerlaattojen liitoskohdissa (2016)
3. Sateen määrän, lumen kasautumisen ja kaatosateiden synnyn mekanismien selvittäminen ja tarkka ennakointi (2020)
4. Teknologia, jolla ydinvoimala voidaan turvallisesti poistaa käytöstä (2020)
5. Erittäin luotettava järjestelmä, jolla voidaan suojella henkilöiden ja ryhmien yksityisyyttä ja tietojen salausta pahantahtoislta hakkereilta (2016)
6. Erittäin tarkka prosessitekniikka (Ångströmin virhemarginaali), joka on saatu aikaan säteillä (ioni, elektroni, laser), koneiden kontrollitekniikalla ja sensortekniikalla (2018).

7. Laaja-alaiset amorfiseen pihhin perustuvat aurinkopaneelit, joiden energian muuntotehokkuus on 20 % (2020)
8. Uusien käytännöllisten teknologioiden kehittäminen CO<sub>2</sub>:n turvalliseen ja pitkäkestoiseen sitomiseen (2017)
9. Lähes kaikki sisävalaistus on korvattu puolijohteisiin perustuvilla valaisulähteillä (2018)
10. Syövän leviämisen fysiologisen perustan selvittäminen (2018)
11. Maanis-depressiivisen häiriön synnyn selvittäminen molekyylitasolla (2020)

Kiintoisaa on, että tärkeudessa sijoille 2 ja 4 sijoittuivat maanjäristysten ennakoitijärjestelmä ja ydinturvallisuus. Jos näissä suhteissa olisi edistytty nopeammin, Fukushima ydinonnettomuus olisi ehkä voitu välttää. Tosin nimetyt teknologiset ratkaisut eivät liittyneet erityisesti tsunamiin varautumiseen.

Hiilidioksidin tehokas sitominen tunnistettiin 2004–2005 kuuluvaksi tärkeimpiin teknologisiin haasteisiin. Sen ennakoitiin ratkeavan jo vuoteen 2017 mennessä. Vuosien 2009–2010 Delfoi-tutkimuksen perusteella tämä usko horjui viime vuosikymmenen loppupuolella. Tästä kertoo taulu 2.4. Olen koonnut siihen japanilaisten asiantuntijoiden erityisen tärkeiksi tunnistamia väitteitä/kiistakysymyksiä, jotka ovat olennaisia ilmastonmuutoksen torjunnan kannalta. Vuosien 2009–2010 tutkimukseen osallistui eri tavoin 2900 japanilaista asiantuntijaa kahdessatoista tiedeidenvälisessä paneelissa. Yliopistoissa, yrityksissä ja tutkimuslaitoksissa työskennelleet asiantuntijat edustivat niin humanistisia aloja, yhteiskuntatieteitä kuin luonnontieteitäkin. Ilmastonmuutosta tarkasteltiin monissa paneeleissa, mihin viittaa poimittujen väitteiden paneeleihin perustuva numerointi.

Tärkeiksi tunnistetut teknologiset ratkaisut on esitetty taulussa niiden yhteiskunnallisen hyväksynnän järjestyksessä. Hiilidioksidin sidonnan eri muotojen arvioitiin aikaisemmasta arvioinnista poiketen olevan teknis-taloudellisesti mahdollista vasta 2018–2020. Yhteiskunnallista hyväksyntää jouduttaisiin odottamaan vuosiin 2026–2030. Paljon toiveikkaampia eivät arviot olleet muidenkaan merkittävästi ilmastonmuutosta torjuvien tai korjaavien teknologioiden osalta. Kaikkien niiden tulemistä yhteiskunnallisesti hyväksyttäviksi jouduttaisiin odottamaan ainakin vuoteen 2021 saakka. Suoran aurinkoenergian ratkaisevasti edullisemmän käytön kannalta halvat ja laajoja pinta-aloja peittävät tehokkaat ohutkalvoaurinkopaneelit saattavat olla ratkaisevia. Niiden mediaanipanelisti arvioi olevan teknologisesti käytettävissä 2019 ja yhteiskunnallisesti hyväksytyjä 2027<sup>7</sup>:

**Taulu 2.4. Ilmastonmuutoksen torjunnan tärkeitä teknologisia ratkaisuja (Nistep 2010)**

	<b>Teknis-taloudellisesti mahdollista, arvioiden mediaani</b>	<b>Yhteiskunnallisesti hyväksytty, arvioiden mediaani</b>
7-04: Teknologiat, joilla matalahkon lämpötilan geotermisiä lähteitä voidaan käyttää voiman tuotantoon ja lämpöpumppuihin	2015	2021
5-11: Teknologiat, joilla valtameren energiaa (tuuli, aallot, vuorovesi) voidaan hyödyntää kaupallisesti	2016	2024
5-32: Teknologia, jolla CO <sub>2</sub> voidaan sitoa veteen tai meren pinnan alle	2018	2026
12-46: Uuden sukupolven laiva, joka tuottaa 50% vähemmän CO <sub>2</sub> ja noin 80% vähemmän NOx kuin vuoden 2010 laivat	2019	2026
7-39: Teknologia, joka alentaa CO <sub>2</sub> :n maaperään sidonnan kustannuksia edistäen öljyn, kaasun tai kivihiilikerrostumien käyttöä samalla säilön CO <sub>2</sub> :ta	2019	2027
9-26: Halvat ja laajoja pinta-aloja peittävät ohutkalvoaurinkopaneelit energiatehokkuudeltaan 20% tai korkeampia	2019	2027
7-16: Teknologia, jolla polttoaineita ja bio-kemikaaleja voidaan tuottaa kaupallisesti käyttäen kasveja ja mikro-organismeja	2019	2028
7-35: Kaasuttamalla ja CO <sub>2</sub> :ta sitomalla (CCS) tapahtuva voiman tuotanto, vedyn ja synteettisten polttoaineiden taloudellinen tuotanto käyttäen esim. hiiltä, raskasta polttoöljyä ja biomassaa	2020	2028
7-36: Meren syvänteiden käyttö CO <sub>2</sub> :n sidontaan	2020	2028
3-38: Autiomaiden viljely vihreällä tekniikalla parantaen kasvien sopeutumista suolaisuuteen, kuivuuteen ja kylmyyteen säätelemällä niiden kasvua	2020	2028
9-46: Hiiltä sitovien materiaalien käyttö CO <sub>2</sub> :n vähentämiseen	2021	2030
9-22: Lämpimästä materiaalista sähköä vähintään 10% teholla tuottava moduli	2022	2031
9-33: Erottelevien kalvojen käyttö, jolla hiilipohjaisista materiaaleista voidaan erottaa vety ilman CO <sub>2</sub> päästöjä ympäristöön	2023	2031
5-44: Aurinkoenergiaa tuottava laitos avaruudessa, joka siirtää sähköä maahan mikroaaltoja tai lasereita käyttäen	2027	2037

### 2.3.2 Pieneen paneeliin perustuva strategisten läpimurtojen tunnistaminen ja arviointi

Willam E Halalin TechCast on esimerkki Delfoi- menetelmästä, joka ennakoii pienellä asiantuntijapaneelilla radikaaleja teknologisia läpimurtoja. Halalin (2008) mukaan survey-tutkimukseen mieltuneiden yhteiskuntatieteilijöiden ongelmana on fysiikan täsmällisiin menetelmiin kohdistuvan kateuden ohella mieltymys suurten tietoinesten tilastolliseen analyysiin. Toisin kuin NISTEP:llä Halalin lähtökohtana ennakkoinnille ei ole arvioita esittävien asiantuntijoiden suuri joukko vaan pyrkimys löytää edelläkävijöitä, joiden ajatuksia ”tavallisten” asiantuntijoiden enemmistö ei välttämättä jaa. Halal ei kotisivuillaan ole turhan vaatimaton esitellessään TechCast -ennakointiaan<sup>8</sup>:

Teknologinen Vallankumous on muuttamassa maailmaa, mutta tästä vallankumouksesta puuttuu hyvää tietoa. Olemme yhdistäneet 100+ asiantuntijoiden ryhmän tiedot teknologisten läpimurtojen ennustamiseksi reaaliaikaisesti yritysten, hallitusten ja suuren yleisön käyttöön. Kansalliset Akatemit lainaavat ja Newsweek ja Washington Post seuraavat TechCastia ja sitä pidetään ehkä maailman parhaana ennustamisen järjestelmänä.

TechCastin kotisivuilla esitellyt asiantuntijat jakautuvat maittain niin, että yhdysvaltalaiset muodostivat joukosta selvän enemmistön eli 67 asiantuntijaa. Seuraavina tulivat Englanti 10, Israel 6 ja Alankomaat 4. Jos yhdysvaltojen kansalaiseksi esittäytynyt Ari Palttala tulkitaan suomalaiseksi, Suomi, Brasilia, Sveitsi ja Meksiko kuuluivat kolmen edustajan ryhmään. Listassa tosin oli 17.12.2012 VTT:llä vaikuttavan Hannu Lehtisen lisäksi viime keväänä kuollut Mika Mannermaa. Kahden edustajan maita ovat Australia, Singapore, Ranska, Saksa, Belgia, Kanada ja Uusi Seelanti. Yksi edustaja oli Syyrialalla, Espanjalla, Turkilla, Venezuelalla, Etelä-Afrikalla, Thaimaalla, Etelä-Korealla, Taiwanilla, Venäjällä, Kroatialla, Japanilla ja Intialla.

Ennakoinnin kohteena TechCastissa ovat strategiset läpimurrot. Niillä Halal tarkoittaa suuren taloudellisen potentiaalin, syväisten yhteiskuntavaikutusten ja suuren tieteellisen kiinnostavuuden omaavia teknologioita. Läpimurtoja tarkastellaan jatkuvasti seuraavien pääteemojen puitteissa: energia ja ympäristö; informaatiotekniikka; e-kauppa; teollinen valmistus ja robotiikka; lääketiede ja biotekniikka; liikenne; sekä avaruus. Näitä teemoja eritellään yksityiskohtaisemmillä tulevaisuusarvioilla. Paneelin arvioinnin kohteena ovat tyypillisesti arviot vuodesta, jolloin tietty läpimurtoratkaisu on saavuttanut 30 % maksimaalisesta käytöstään. Tämän tulkitaan tarkoittavan ratkaisun läpilyönnin vaihetta. Paitsi vuosilukuarviota asiantuntijat myös esittävät arvion asteikolla 0-100 siitä, kuinka varmoja he ovat arviostaan.

Paitsi erillisten väitteiden arviointeja William Halal julkaisi vuonna 2008 kirjan *Technology's Promise*. Siinä hän esitti asiantuntija-arvioihin perustuvan kokonaisarvion teknologisen kehityksen erityisen tärkeistä kehityssuunnista.

Halalin (2008) kirjan lukujen ja jaksojen nimet luonnehtivat sitä, mistä hänen asiantuntijoidensa mukaan oli vuonna 2008 löydettävissä teknologisen kehityksen lupaavimmat mahdollisuudet. Esitin Futura-lehdessä vuonna 2009 pian Halalin kirjan ilmestymisen jälkeen arvion Suomen kannalta lupaavista mahdollisuuksista siten, että merkitsin mielestäni Suomen kannalta erittäin lupaavia mahdollisuuksia +++, melko lupaavia ++ ja hieman lupaavia +. Uskoni Nokiaan oli vielä tässä vaiheessa vahva, vaikka olinkin sen keskijohdon kouluttajana huolestuneena seurannut sitä, kuinka voimantuntoa uhkuva yritys oikeasti hyödynsi vähän työntekijöidensä innovaatioita puhumattakaan avoimesta tulevaisuuden näkymiin



kohdistuvasta julkisesta keskustelusta. Samoin uskoin vielä vuonna 2008 Suomen metsäsektorin kykyyn uudistaa tuotteensa. Nyt olen näissä suhteissa huomattavasti pessimistisempi, mikä korostaa uusien vahvuuksien tunnistamisen tärkeyttä. Olen keskustelun pohjaksi päivittänyt seuraavaan vuonna 2009 tekemäni arvion:

**Taulu 2.5. Halalin 2008 TechCast Kuusen arvioineilla**

Siirtyminen kestäväan maailmaan. Energiaan ja ympäristöön liittyvien ongelmien kääntäminen mahdollisuuksiksi. Ilmastonmuutoksen torjunnan teknologiat	Uudet energiamuodot ++ Suolattoman veden valmistus + Hajautettu energian tuotanto ++ Geneettisesti muunnellut organismit mahdollisuutena + Luomuviljely ++ Tietokoneohjattu viljely
Globalisoitunut korkean teknologian tuotanto	Eri käyttöihin tarkasti räätälöidyt materiaalit +++ Räätälöity massatuotanto ( mass customization) + Mikrokoneet (pienet koneet, jotka seuraavat, ohjaavat ja säätelevät erilaisia laitteita ja kehon toimintoja) ++ Helposti muunneltavista moduleista rakennetut rakennukset +++ Nanotekniikka +++ Älykkäät robotit ++ Älykkäät sensorit +++
Online -yhteiskunta	Henkilöiden biotunnistus + Langattomuus +++ Web 2.0 (Wikipedia, sosiaalinen media) ++ Tilattavissa olevat viihdepalvelut +++ Globaali tavoitettavuus ++ Keinoäly (Artificial intelligence AI) ++ Optiset tietokoneet Virtuaalitodellisuus ++ Kvanttitietokoneet Älyn laajentaminen (Intelligence amplification IA) ++
Elämän hallitseminen	Telelääketiede +++ Keinoelimet ++ Lasten ominaisuuksien kehittäminen Kantasoluista kasvatetut elimet ++ Syöpähoidot ++ Yksilölliset hoidot ++ Geeniterapia ++ Eliniän pidentäminen +
Liikenteen globaalit ratkaisut	Hybridi- ja sähköautot ++ Polttokennoautot Älykkäät autot + Automatisoidut moottoritiet + Pienet lentokoneet Magneettijunat Huippunopeat lentokoneet
Avaruusmatkailu	Avaruusturismi Kuuasema + Ihmiset Marsissa Yhteydet toisiin älyllisiin Matkat toisiin tähtiin

Kolme tähteä annan uuden materiaalitekniikan neljälle mahdollisuudelle: nanotekniikka, älykkäät sensorit, eri käyttöihin tarkasti räätälöidyt (yhdistelmä)materiaalit ja helposti muunneltavista moduuleista rakennetut rakennukset. Suomessa on korkeatasoista nanohiilten osaamista, mikä voi johtaa läpimurtoihin. Kokoaan sähkövirran vaikutuksesta muuttavat materiaalit ja kolmiulotteiseen tulostukseen soveltuvat materiaalit ovat esimerkkejä tarkasta räätälöinnistä. Moduulirakentamisen yhdistän varsinkin puuelementtien valmistamiseen.

Tietotekniikan ja internetin sovelluksista langaton viestintä kuuluu mielestäni edelleen lupaavimpiin Nokian kompuroinnista huolimatta. Mm. karttapalvelut ovat yksi lupaava sovellutusten alue. Tilattavissa olevien viihdepalvelujen osalta ajattelen mm. pelejä. Suomella pitäisi olla mahdollisuuksia kehittyä yhdeksi telelääketieteen edelläkävijäksi erityisesti Venäjän markkinoita hyödyntäen. Etäyhteyksien ohella hoitoa voitaisiin antaa Suomessa. Mahdollisuuksia näyttäisi olevan myös koulutuksen tarjoamiseen vastaavalla tavalla.

Yllättäviä mahdollisuuksia voi aua mielestäni erityisesti seuraavilla kahden tähden sektoreilla: uudet energiamuodot, mikrokoneet, älykkäät robotit ja muut laitteet, keinoäly, hybridi- ja sähkökulkuneuvot (erityisesti niiden akut), keinoelimet, kantasoluhoidot, syöpähoitot ja geeniterapia. Hyvin mielelläni liittäisin potentiaalisiin yllättäjiin geenimuunteluun perustuvan kasvinviljelyn, mutta nykyasenteilla lievää menestystä voi toivoa pikemminkin luomuviljelystä. Maailman ravinto- ja energiaongelmia ei tosin ratkaista suomalaisen elintarvikesektorin nyt viljelemillä tieteen vastaisilla puhtausargumenteilla ja pelon lietsonnalla nopeasti edistyvää biotekniikkaa kohtaan. Uusimpien alan kehitysaskelien jälkeen puhe geenitekniikan vaaroista viitaten 1990-luvun käytäntöihin on jokseenkin yhtä mieletöntä, kuin arvostella tietotekniikan vaaroja sen 1990-luvun teknisen tason perusteella.

## **2.4. Radikaalien teknologisten ratkaisujen osallistava ennakointi**

Asiantuntijat, jotka ennakoivat 1990-luvun Delfoi survey-tutkimuksissa teknologisia läpimurtoja, edustivat tyypillisesti parasta tieteellis-teknistä asiantuntemusta. 2000-luvun alussa ennakoijien piiriä laajennettiin ja sen muodot paljon muuttuivat. Osallistavan ennakkoinnin nousun taustalla voi nähdä kaksi toisiaan tukevaa kehityslinjaa.

Toisaalta tiedostettiin yhä selkeämmin, että teknologiset läpimurrot riippuvat lisääntyneen säätelyn olosuhteissa entistä vähemmän vain teknisistä toteuttamisen mahdollisuuksista. Kansalaisten luottamus teknologioihin oli saanut huomattavan kolauksen, kun Tshernobyl vuonna 1986 haastoi asiantuntijoiden vakuuttelut turvallisuudesta ydinvoimasta. Lisääntynyt epäluottamus vaikutti erityisesti geenitekniikan hyväksyntään ja säätelyyn, joihin vielä vaikuttivat hullun lehmän tauti ja sen taltuttamiseksi tehdyt nautojen joukkoteurastukset 1990-luvun puolivälissä. Varsinkin kasvi- ja eläingenitekniikan kehityksen 1990-luvun alkupuolen asiantuntijaennakoinnit menivät pahasti pieleen.

Toinen ratkaiseva tekijä oli internet, joka avasi väylän kaikkien osallistumiselle. Nyt oli myös teknisesti mahdollista pyytää suuri yleisö mukaan keskustelemaan ja kehittämään teknologioita. "Participatory technology assessment" sai rinnalleen vapaaseen tiedonkulkuun perustuvan "participatory technology development" -toiminnan. Kasvaneesta kiinnostuksesta näihin käsitteisiin kertovat myös Google-lataukset. Käsiteparin "participatory technology" lataukset ylittivät Google Trends -palvelun latauskynnyksen vuonna 2009.

Delfoi-tutkimuksiin 1990-luvulla paljon panostanut Saksa käynnisti ”Futur”-projektin (2001–2005). Muuttuneen ajan hengen mukaisesti tässä Saksan opetus- ja tiedeministeriön rahoittamassa hankkeessa korkeatasoista tieteellistä asiantuntemusta täydennettiin monenlaista taloudellis-yhteiskunnallista asiantuntemusta edustavilla. Samalla ryhdyttiin myös systemaattisesti käyttämään hyväksi internetin tarjoamia mahdollisuuksia. Asiantuntijoiden ohella kenelle tahansa tarjottiin mahdollisuus kommentoida ainakin ylös tai alas osoittavin sormimerkein erilaisia lupaaviksi tulkittuja teknologisia mahdollisuuksia.

Yksi edelläkävijä osallistavassa ennakoinnissa oli Euroopan parlamenttien yhteydessä toimivien teknologian arviointielimien EPTA-verkosto. Euroopan komission vuosina 1998–2000 rahoittamassa EUROPTA tutkimusprojektissa vertailtiin kuuden projektiin osallistuneen maan - Itävallan, Tanskan, Saksan, Alankomaiden, Sveitsin ja Englannin - osallistavan teknologianarvioinnin käytäntöjä.<sup>9</sup> Vertailtua kuuttatoista eri maissa toteutettua osallistavan teknologian arvioinnin projektia yhdisti monien henkilöiden tai tahojen kuuleminen arviointien yhteydessä. EUROPTA -raportissa esitellyistä osallistavan ennakoinnin menetelmistä kehittyneimpänä voi pitää Tanskassa kehitettyä konsensuspaneelimenetelmää. Sitä on Tanskan ohella sovellettu monissa muissakin maissa. Menetelmää on kuvattu laajahkosti suomeksi eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan EPTA -käytäntöjä vertailevassa raportissa (Kuusi 2004).

Osallistavan ennakoinnin vaikutteet levisivät varhain myös Suomeen. Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan arviointihankkeista ne vaikuttivat ensimmäiseksi tietämyksen hallinnan (Suurla 2001) ja alueellisten innovaatiojärjestelmien (Stähle ja Sotarauta 2003) hankkeisiin. Tietämyksenhallinnan arvioinnin yhteydessä esitetyn ja sittemmin paljon käytetyn kuvan mukaan eduskuntaa palvelevan teknologian arvioinnin ydinkysymys on yhdistää päätöksentekovaltaa ja asiantuntijuutta siten että poliitikot ja asiantuntijat kohtaavat yhdessä oppimisen areenoilla. Tietämyksenhallinnan arvioinnin ohjausryhmään kuuluneet kansanedustajat määrittivät tietämyksenhallinnan projektin lopuksi seuraavasti:

- Tietämyksen hallinta on oivaltavaa oppimista.
- Tietämyksen hallinnassa on kysymys haluttuun tulevaisuusnäkemykseen perustuvaan tiedon, taidon ja viestinnän viisaasta huolenpidosta ja kehittämisestä.
- Tietämyksen hallinta perustuu yhdessä määriteltyihin arvoihin.
- Tietämyksen hallinta edellyttää uutta luovaa ja vastuullista johtamista

Käsitykseni mukaan osallistavaa ennakointia on mielekästä soveltaa top 20+80 listan päivittämisessä eikä niinkään ensimmäisen top 20 + 80 listan laadinnassa. Apuna voitaisiin käyttää jotain ennakoinnin internet-pohjaisia työvälinettä kuten Fountain Park Oy:n kehittämää signaalityökalua ([www.fountainpark.fi](http://www.fountainpark.fi)).

## 3. MIT Technology Review ja sen top 10 listat

---

### 3.1. Internetin "top technologies" -listat

Internetistä löytyy hakusanoilla "top 10 technologies" tai "top technologies" valtava joukko erilaisia lupaavien teknologioiden listoja, joiden valintaperusteet ovat epämääräisiä. Listoja esittävät mm. erilaiset konsulttitoimistot ja nettijulkaisut. Hakusanojen "top 10 technologies" noin 79 miljoonan osuman kärkipäähän asettuvat listojen tekijöinä mm. Gartner, Chivas, Popular Mechanics ja Good. Vaikka asiantuntemukseltaan epämääräisen tahon laatima lista saattaa joskus ensimmäisenä nostaa keskusteluun todella mullistavan teknologisen ratkaisun, tällaisten listojen arvo ei käsitykseni mukaan yleisesti ottaen juuri ylitä Google latausten määrällä (vrt. edellä Google Trend) tunnistettavaa yleistä (usein hype -luontoista) kansainvälistä kiinnostusta teknologisiin ratkaisuihin.

Jos kuitenkin perustelemattoman listan esittäjä edustaa tieteellis-teknisesti korkeatasoista tutkimusta ja tuotekehitystä tekevää tahoa, siitä on kaikki syyt olla kiinnostunut. Tällaisen listan laatijoiden voi tulkita edustavan asiantuntemusta eli rinnastuvan tulevaisuuden kartoittamismenetelmien asiantuntijoihin, vaikka asiantuntijavalinnan perusteita ei esitetäkään. Tällainen korkeatasoiseen asiantuntemukseen tai "hiljaiseen tietoon" perustuva arvio on MIT Technology Review:n vuosittain julkaisema top 10 technologies -lista. Katson, että nämä vuodesta 2001 julkaistut listat ovat yksi hyvä lähtökohta tulevaisuusvaliokunnan ensimmäisen 20+80 listan laadinnalle.

### 3.2 MIT Technology Review:n nimeämät teknologiset läpimurrot

Yhdysvaltojen Bostonissa toimiva Massachusetts Institute of Technology (MIT) on keskeinen – monien mukaan jopa johtavin - uusien teknologioiden kehittäjä maailmassa. Sen perinteet uusien teknologioiden kehittäjänä ulottuvat 1800-luvulle saakka.

MIT Technology Review (<http://www.technologyreview.com>) on MIT:n omistama media-yhtiö. Se ilmoittaa kotisivuillaan missiokseen tunnistaa tärkeitä uusia teknologioita arvioiden niiden käytännöllistä merkitystä ja sitä, miten ne tulevat muuttamaan elämäntapoja maailmassa. Yleisestä kiinnostuksesta yhtiötä ja sen tekemiä arvioita kohtaan kertovat vierailut sen internet -sivustoilla. Yhtiö ilmoittaa kuusi kertaa vuodessa sähköisesti ilmestyvän lehtensä tilaajamääräksi 580 000 ja sivuillaan vuodessa vierailleiden määräksi 2,4 miljoonaa. Internetin kautta toiminnan ohella yhtiö järjestää myös erilaisia seminaareja ja konferensseja. Vuosittain se järjestää noin 1000 henkeä kokoavan EmTech MIT konferenssin ja lisäksi lukuisia eri puolilla maailmaa järjestettäviä erityisiin teemoihin keskittyviä EmTech konferensseja. MIT Enterprise Forum isännöi vuosittain yli 400 tapaamista.

MIT Technology Review nimeää vuosittain 10 erityisen lupaavaa teknologista edistysaskelta. Niiden todetaan olevan "10 most important technology milestones of the past year". Nobel-palkintojen tapaan kotisivuilla pyydetään ehdotuksia listaan sisällytettävistä teknologisista ratkaisuista. Muuten valinnassa käytettäviä kriteereitä ei ole esitetty.

Epämääräiset valintaperusteet selittänevät sitä, että listoille valitut edistysaskeleet ovat luonteeltaan hyvin erilaisia. Joitakin niistä voi tulkita kokonaisiksi keksintöjen perheiksi kuten Geenitekniikkaan perustuva syöpien torjunta vuoden 2011 listalla. Toiset ovat hyvin

spesifejä kuten Nantero-yhtion kehittämä nanoputkiin perustuva muisti vuoden 2005 listalla.

Seuraavaan on koottu MIT Technology Review:n nimeämät teknologiset läpimurrot vuosina 2008-2012. Näitä on täydennetty muutamilla poiminnoilla listoilta vuosilta 2001-2007. Läpimurrot on ryhmitelty seuraaville aloille:

- Biotekniikka (16 kpl)
- Energiatekniikat (14 kpl)
- Elektroniikka (erityisesti ICT hardware, 11 kpl)
- Ohjelmistot (erityisesti ICT software) ja sosiaaliset innovaatiot (16 kpl)

Läpimurrot on kullakin sektorilla esitetty listojen aikajärjestyksessä lähtien tuoreimmista. Suomeksi esitetään erittäin pelkistetysti läpimurron keskeisin merkitys. Monipuolisemmin läpimurrot esitellään liitteessä, missä kuvauksiin on englanniksi lainauksia MIT Technology Review:n esittämistä perusteluista.

**Taulu 3.1. MIT Technology Review:n nimeämät teknologiset läpimurrot vuosina 2008-2012 ja joitakin poimintoja listoilta vuosilta 2001-2007.**

Biotekniikka	Energia	Elektroniikka (erityisesti ICT hardware)	Ohjelmointi (software)-tai sosiaalinen innovaatio
<p>1. <b>Munasoluja lisäävä tekniikka</b> (2012): Nykyisin naisten hedelmällisyys laskee jyrkästi 40 ikävuoden jälkeen. Keinotekoisiin kantasoluihin perustuva keksintö tekee ehkä mahdolliseksi olennaisesti lisätä munasoluja myös tässä iässä.</p> <p>2. <b>Nanokokoiseen aukkoon perustuva DNA:n lukeminen</b> (2012): DNA:n uusi yksinkertainen lukutekniikka voi tehdä geneettisen testauksen halvaksi rutiiniksi monissa yhteyksissä.</p> <p>3. <b>Syöpien geneettisen tyyppin tunnistaminen</b> (2011): Uudet DNA:n luennan laitteet tekevät mahdolliseksi entistä paljon tarkemmin tunnistaa syövän erityisen tyyppin mahdollistaen täsmähoidon.</p>	<p>1. <b>Erittäin tehokas aurinkopaneeli</b> (2012) 34% hyötysuhteella toimiva aurinkopaneeli tekee ehkä mahdolliseksi haastaa hiileen tai kaasuun perustuvan energiantuotannon</p> <p>2. <b>Kylän edullinen sähköverkko perustuen aurinkoenergiaan</b> (2012): On kehitetty halpenevaan aurinkoenergiaan perustuva edullinen sähköverkko kehitysmaiden kuten Intian tarpeisiin</p> <p>3. <b>Parhaiden akkumateriaalien nopea tunnistaminen</b> (2012): Menetelmä, jolla voidaan nopeasti vertailla akkujen erilaisten katodi-anodi-elektrolyytti yhdistelmien edullisuutta</p> <p>4. <b>Sähkönjakelun tehokas kontrollointi</b> (2011): Uusi sähkön jakeluratkaisu mah-</p>	<p>1. <b>Kuvan uudelleen kohdentava kamera</b> (2012): Valon tulosuunnan tallentava kamera pystyy muotoilemaan kuvan toisesta suunnasta otetuksi.</p> <p>2. <b>Kolmiulotteiset transistorit</b> (2012): Pyrkinessään mahdollittamaan entistä enemmän transistoreita piilastulle, Intel on alkanut 3-D transistoreihin perustuvien prosessorien tuotannon.</p> <p>3. <b>Nopeampi Fourier-muunnos</b> (2012): Data- signaalien käsittely nopeutuu olennaisesti uuden algoritmin ansiosta.</p> <p>4. <b>Liikkeisiin perustuva käytönohjain</b> (2011): Mm. pelaajat voivat ohjata pelihahmojen liikkeitä omilla liikkeillään ilman välineitä.</p>	<p>1. <b>Joukkorahoitus</b> (2012): Uusille teknologisille ratkaisuille rahoitusta hakeva nettisivusto</p> <p>2. <b>Facebookin Timeline-palvelu</b> (2012): Facebookin käynnistämä palvelu, joka auttaa hyödyntämään tietoa, jota on kertynyt sen noin 850 miljoonasta aktiivikäyttäjistä.</p> <p>3. <b>Facebookin tietojen sosiaalinen räätälöinti</b> (2011): Käyttäen Facebookin käyttäjän aikaisempia valintoja hänelle tarjotaan kiinnostavaksi arvioitua tietoa.</p> <p>4. <b>Turvallisempi pilvilaskenta</b> (2011): Salatussa muodossa olevan tiedon helpompi käsittely internetissä</p> <p>5. <b>Sujuvampi pilvessä työskentely</b> (Cloud Streaming)</p>

<p><b>4. Menetelmä geenin sijainnin määrittelemiseksi kromosomiparissa</b> (2011): Aikaisempi DNA:n luenta ei ole pystynyt tunnistamaan vaikuttavan geenin sijainti toisessa parillisista kromosomeista</p> <p><b>5. Keinotekoiset solut</b> (2011): Täydellisesti kuvattu bakteerin perimä on kyetty rakentamaan DNA-palasia</p> <p><b>6. Alkiokantasolujen keinotekoinen valmistus</b> (2010): Moniksi solutyypeiksi kehitettävissä olevien ihmisen kantasolujen keinotekoinen valmistus mahdollisten mm. eri kemikaalien ihmisille aiheuttamien vaikutusten paremman tutkimisen.</p> <p><b>7. Elektroniset implantit</b> (2010): Silkkiin perustuvat erilaisen hajoamisajan omaavat implantit, joita keho ei hyljeksi ja jotka mahdollistavat elektronisten laitteiden sijoittamisen kehoon..</p> <p><b>8. Kaksivaikutteinen antibody</b> (2010): Y-muotoisen antibodin molempien haarojen aktivointi antigeenien torjuntaan.</p> <p><b>9. Genomin luenta 100\$:lla</b> (2009): Biosiru, joka ohjalla DNA:ta haaroittuvaan nanoputkistoon pystyy erittäin tehokkaasti lukemaan pitkiä DNA-jaksoja</p> <p><b>10. Kyberhyönteinen</b> (2009): Etäohjattu mehiläisen kaltainen "cyberbug" yhdistää näkö, tunto ja kemiallista informaatiota ja tavoitteena on elävien solujen hyödyntäminen.</p> <p><b>11. Diagnoosipaperi</b> (2009): On kehitetty postimerkin kokoiselle paperille halpa veri- tai virtsapisarasta tauteja diagnostisoiva testiväline.</p> <p><b>12. Pieni magneettikuvain</b> (2008): On kehitetty pieni, vähän energiaa vaativa</p>	<p>dollistaa joustavan sähkön jakelun sinne missä sitä eniten tarvitaan. Tämä on tarpeen mm. sähköautojen latauksen organisoimiseksi.</p> <p><b>5. Keveät akut</b> (2011): Akkuratkaisu, joka voi keventää sähköautoissa käytettävän akun painon puoleen laskien radikaalisti auton hintaa.</p> <p><b>6. Etanolia tuottavat mikrobrit</b> (2010): Biopolttoaineen tuottaminen pelkästään hiilidioksidilla ja vedellä.</p> <p><b>7. Tehokas ohutkalvo-aurinkokenno</b> (2010): Nanohiukkasia käyttäen on onnistuttu kehittämään entistä paremmalla hyötysuhteella toimiva ohutkalvo-aurinkokenno</p> <p><b>8. Vihreä betoni</b> (2010): Perinteisen sementin valmistus tuottaa kiloissa suunnilleen yhtä paljon CO2 kuin mitä sementtiä. Uudella magnesium oksidiin perustuvalla valmistustavalla voidaan sementistä tehdä jopa CO2:ta sitova.</p> <p><b>9. Nesteakku</b> (2009): Aivan uudella tavalla valmistettu akku perustuu nestemäisiin elektrodeihin, jotka pysyvät nopeasti lataamaan suuria määriä sähköä.</p> <p><b>10. Traveling-Wave ydinreaktori</b> (2009). Kaavailussa reaktorityypissä reaktori valmistaa oman polttoaineensa asteittain, niin että ketjureaktion aikaansaavan polttoaineen osuus on vähäinen.</p> <p><b>11. Pieniä virheitä sallivat prosessorit</b> (2008): On kehitetty prosessori, joka jossain määrin tarkkuudelta tinkimällä voi säästää tuntuvasti energiaa.</p> <p><b>12. Johdoton voimansiirto</b> (2008): Magneettista resonanssia hyödyntäen on kehitetty turvallinen</p>	<p><b>5. Kolmiulotteista kuvaa välittävä matkapuhelin</b> (2010): Kaksiulotteisesta havaintomateriaalista kolmiulotteista kuvaa muodostava matkapuhelin</p> <p><b>6. Erittäin suuren kapasiteetin muistilastu</b> (2009): U-muotoisiin magneettisiin nanojohtoihin perustuva erittäin pienen kaistaleveyden muisti</p> <p><b>7. Nanolaitteiden energialähde</b> (2009): Nanojohtojen liikkeen piezosähköiseen vaikutukseen perustuva energianlähde</p> <p><b>8. Nanoradio</b> (2008): Nanoradio, jonka keskeinen virtapiiri perustuu yhteen nanoputkeen.</p> <p><b>9. Grafeeni-transistorit</b> (2008): Sata kertaa piitransistoreita nopeampia grafeenitransistoreita on valmistettu sadoittain yhteen prosessoriin.</p> <p><b>10. Erittäin suuren kapasiteetin muisti</b> (2005): Nanoputkiin perustuva erittäin tehokas ja vähän energiaa käyttävä pysyvän muistijäljen tuottava RAM "universaali muisti".</p> <p><b>11. T-säteet</b> (2004): Aallonpituudessa näkyvän valon ja x-säteiden väliin asettuvat t-säteet (THz) tarjoavat turvallisemman vaihtoehdon tarkoituksiin, joissa on käytetty x-säteitä.</p>	<p>(2011): Teknologia mahdollistaa mm. elokuvien muokkauksen ja arkkitehtisuunnittelun välineiden käytön sadoille miljoonille internetiin kytketyille tableteille ja älypuhelimille.</p> <p><b>6. Turvallisempi kriittinen ohjausteknologia</b> (2011): Tietokoneiden ohjatessa yhä useampia laitteita esim. ulkopuolelta tuleva väärä ohjausinformaatio voi johtaa vakaviin seurauksiin. Tätä voidaan estää varmistamalla keskeisimmän ohjausyksikön toimivuus kaikissa olosuhteissa.</p> <p><b>7. Reaaliaikaiset haut</b> (2010): Google kykenee hakumekanismillaan tunnistamaan tietoa joka menettää ajankohtaisuutensa jo muutamissa sekunneissa</p> <p><b>8. Sosiaalinen TV</b> (2010): On kehitetty työkaluja, joilla katsojat voivat vuorovaikutteisesti entistä paremmin osallistua TV-ohjelmien vuorovaikutteiseen kommentointiin.</p> <p><b>9. Pilvessä ohjelmointi</b> (2010): Bloom -kieli helpottaa pilvessä tapahtuvaa reaaliaikaista ohjelmointia mahdollistaen mm. entistä paremmin monien pelaajien pelit ja tsunamaista varoittamisen.</p> <p><b>10. Tehtäviä hoitava internet-apulainen</b> (2009): Pelkän tiedonkeruun ohella kehitetty apulainen voi tehdä yksinkertaisia toimenpiteitä vaikka varaten pöydän Kiinalaisesta ravintolasta tietystä kaupunginosasta.</p> <p><b>11. Internet-tiedon edullinen varastointi</b> (2009): Köyhissä maissa monilla ei ole varaa laajakais-tayhteyksien käyttöön. Tilannetta helpottaa usein käytettyä tietoa varastoi-va HashCache -palvelu.</p>
---	--	---	---

<p>magneettikuvain (MRI-laitte), joka pystyy samaan kuin suuret ja kalliit laitteet lääketieteellisissä sovelluksissa. Soveltuu myös esimerkiksi räjähtämättömien pommien etsintään.</p> <p><b>13. Hermoverkkojen uusi kuvantamismenetelmä</b> (2008): Geenien siirrola saatu eri hermosolut erittämään erilaista väriä, mikä auttaa hermoverkkojen hahmottamisessa.</p> <p><b>14. Bakteerit tehtaina</b> (2005): Geenimuunneltu kasvi malaria-lääkkeen tuottajana</p> <p><b>15. RNAi terapia</b> (2004): Pieni kaksoiskierteinen RNA (RNAi), joka kohdistetaan tiettyyn geeniin, voi sammuttaa sen toiminnan.</p> <p><b>16. Uusi tapa lukea perimää</b> (2004): Ihmisten väliin eroihin keskittyvä geenien (SNIPS) luenta tapana lukea olennainen perimästä</p>	<p>menetelmä energian lähisiirtoon ilman johtoja.</p> <p><b>13. Sellupohjaisesta materiaaleista etanolia tuottavat entsyymit</b> (2008): Geenimuuntelulla on kehitetty tehokkaammin sellupohjaisista materiaaleista etanolia tuottavia entsyyimejä.</p> <p><b>14. Sähkön siirto nanoputkilla</b> (2005): Nanoputkista punottu johto siirtää sähköä erittäin tehokkaasti.</p>		<p><b>12. Tiedonkulun avoin reitittäminen internetissä</b> (2009): Internetin tiedonkulun reitit ovat olleet sellaisten yhtiöiden kuin Cisco ja Hewlett-Packard liikesalaisuuksia. Stanfordin tutkijoiden kehittämä OpenFlow -standardi avaa ne tutkijoiden tarkasteltaviksi.</p> <p><b>13. Yllätysten mallintaminen</b> (2008): Microsoftin tutkijat ovat kehittäneet softwarin, joka erilaisia tietoja yhdistelemällä varoittaa yllättävistä tilanteista esimerkiksi autolla liikkuvaa</p> <p><b>14. Internetin offline-tilan parempi hyödyntäminen</b> (2008): Adobe Integrated Runtime (AIR) ohjelmoijat ovat kehittäneet softwarin, jolla sama ohjelma voi ajaa eri käyttöjärjestelmiä ja hardwarea.</p> <p><b>15. Puheluista tietoa ihmisen käyttäytymisestä</b> (2008): Matkapuhelien käytöstä kerätyn tiedon käyttö MIT:ssa ihmisten käyttäytymisen ennakkointiin.</p> <p><b>16. Paikkatiedon käyttö tiedottamiseen lähellä puhelinta olevista kohteista</b> (2007): Mobile Augmented Reality -palvelulla Nokian tutkijat ovat onnistuneet tiedostoja yhdistämällä välittämään tietoa kiinnostavista kohteista lähellä puhelinta.</p>
--	--	--	---

## Kirjallisuus

---

Cuhls, K., K. Blind and H. Grupp (eds.) (1998) *Delphi '98, Studie zur globalen Entwicklung von Wissenschaft und Technik* (1998), Fraunhofer-Institut für Systemtechnik and Innovationsforschung, Karlsruhe

Cuhls, K. and T. Kuwahara (1994) *Outlook for Japanese and German Future Technology*, Physica-Verlag, Heidelberg

Delphi Report Austria (1998), *Technologie Delphi I, Konzept and Ueberblick*, Institut fuer Technikfolgen- Abscheidung, Österreichische Akademie der Wissenschaften, Wien

Halal, William E. (2008) *Technology Promise*, New York

Hjelt, M., P. Luoma, E. Linde, A. Ligtvoet, J. Vader, J. Kahan (2001) *Kokemuksia kansallisista teknologia-ennakoinneista*, Sitran raportteja 4, Helsinki

Hämäläinen, Raimo P. (1991). "Facts or Values - How Do Parliamentarians and Experts See Nuclear Power?" *Energy Policy* 19/5, 464-472.

Irvine, John and Ben R. Martin (1989) *Research Foresight*, A publication of Netherlands Ministry of Education and Science, the Hague

Kamppinen, Matti, Osmo Kuusi ja Sari Söderlund (toim.) (2002) *Tulevaisuudentutkimus*, SKS, Helsinki

Kauppinen, Esko I ja Osmo Kuusi (2010) *Nanohiilien tulevaisuuden mahdollisuudet ja merkitys Suomelle*, Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan julkaisu 2/2010

Kuusi, Osmo (1999): *Expertise in the Future Use of Generic Technologies*. VATT:n tutkimuksia 59. Helsinki

Kuusi, Osmo (2013a) *Tulevaisuuden vihreät ammatit ja ilmastonmuutoksen vastahakoinen hyväksyminen*, VATT Muistiot 26

Kuusi, Osmo (2013b) *Delfoi-menetelmä*, kirjassa Osmo Kuusi ym. (toim.) *Miten tutkimme tulevaisuutta*, Acta Futura Fennica 10, Helsinki

Loveridge, D. - Georghiou, L. - Nevada, M. (1995): *United Kingdom Foresight Programme - Delphi Survey. A Report to the Office of Science and Technology*. PREST. University of Manchester (<http://www.foresight.gov.uk>).

Salo, A., T. Gustafsson and P. Mild, "Prospective Evaluation of a Cluster Program for Finnish Forestry and Forest Industries", *International Transactions on Operations Research* 11/2 (2004) 139–154.



Suurla, Riitta (2001) Helmiä kalastamassa, avauksia tietämyksen hallintaan. Eduskunnan kanslian julkaisu 1/2001

Ståhle, Pirkko ja Markku Sotarauta (2003) Alueellisen innovaatiotoiminnan tila, merkitys ja kehityshaasteet Suomessa, Eduskunnan kanslian julkaisu 3/2003

# Liite 1. Yhteenvetotaulukko nousevista teknologioista

Vihreät ammattit (Kuuksi 2013)	Ilmastomuutoksen torjunnan tärkeitä teknologioita ratkaisuja (Nistep 2010)	Halalin TechCast (2008) Kuusen arvioineilla	Bioteknikka	Energia	Elektronikka	Ohjelmointi (software)- tai sosiaalinen innovaatio	Japanin T&K survey-tutkimuksesta
Ilmastomuutoksen torjunnan asiantuntija	7-04: Teknologiat, joilla matalahkon lämpötilan geotermissiä lähteitä voidaan käyttää voiman tuotantoon ja lämpöpumppeihin	1. Siirtyminen kestävään maailmaan. Energiaa ja ympäristöön liittyvien ongelmien kääntäminen mahdollisuuksiksi. Ilmastomuutoksen torjunnan teknologiat	1. Munasoluja lisäävä tekniikka (2012): Nkyisin naisten hedelmäliisys laskee työtyytyväisyyttä	1. Erittäin tehokas aurinkopaneeli (2012) 34 %	1. Kuvan uudelleen kohdentava kamera (2012): Valon tulosuunnan tallentava kamera	1. Joukkorahoitus (2012): Uusille teknologisille ratkaisuille rahoitusta hakeva nettisivusto	1) Satelliittien, GPS:n, lentokoneiden tms. avulla toteutettava riskien hallintajärjestelmä, joka havaitsee onnettomuudet, osaa tulkita ne ja lähettää tiedon sopivalle taholle (2014)
Aurinkovoima-asiantuntija (suora aurinkovoima)	Valtamereen energiaa (tuuli, aallot, vuorovesi) voidaan hyödyntää kaupallisesti	Uudet energiamuodot ++ Suolettoman veden valmistus + Hajaautettu energian tuotanto ++	Jyrkästi 40 ikävuoden jälkeen. Keinoitekoisiin kantasoluihin perustuva keksintö tekee ehkä mahdolliseksi olennaisesti lisää munasoluja myös tässä iässä.	tekee ehkä mahdolliseksi haastaa hilleen tai kaasun perustuvan energiantuotannon	2. Facebookin Timeline-palvelu (2012): Facebookin käyttämää palvelu, joka auttaa hyödyntämään tietoa, jota on kertynyt sen noin 850 miljoonasta aktiivikäyttäjistä.	2. Facebookin Timeline-palvelu (2012): Facebookin käyttämää palvelu, joka auttaa hyödyntämään tietoa, jota on kertynyt sen noin 850 miljoonasta aktiivikäyttäjistä.	2) Maanjäristysten kattava ennakointijärjestelmä suurissa asutuskeskuksissa, vuorisatolueilla ja mannaerialtojen liitoskondissa (2016)
Ydinvoima-asiantuntija	5-32: Teknologiat, jolla CO2 voidaan sitoa veteen tai meren pinnan alle	Geneettisesti muunnellut organismit mahdollisuutena + Luomuviljely ++ Tietokoneohjattu viljely	2. Nanokokoiseen DNA:n lukeminen (2012): DNA:n uusi yksinkertainen lukuteknikka voi tehdä geneettisen testauksen halvaksi rutiiniksi monissa yhteyksissä.	2. Kylan edullinen sähköverkko perustuen aurinkoenergiaan (2012): On kehitetty halpenevaan aurinkoenergiaan perustuva edullinen sähköverkko	3. Nopeampi Fourier muunnos (2012): Data- signaalien käsittely nopeutuu olennaisesti uuden algoritmin ansiosta.	3) Sateen määrän, lumen kasautumisen ja kaatosateiden synnyn mekanismien selvittäminen ja tarkka ennakointi (2020)	3) Sateen määrän, lumen kasautumisen ja kaatosateiden synnyn mekanismien selvittäminen ja tarkka ennakointi (2020)
Akkua-asiantuntija	12-46: Uuden sukupolven laiva, joka tuottaa 50% vähemmän CO2: ja noin 80% vähemmän NOx kuin vuoden 2010 laivat	2. Globalisoitunut korkean teknologian tuotanto	3. Syöpien geneettisen tyypin tunnistaminen (2011): Uudet DNA:n luennan laitteet tekevät mahdolliseksi entistä paljon tarkemmin tunnistaa syöpien erityisen tyypin mahdollistaen customization + tasmaähdön.	3. Parhaiden nopea tunnistaminen (2012): Menetelmä, jolla voidaan nopeasti vertailla akkujen erilaisten katodi-anodi-elektrolyytti yhdistelmien	4. Liikkeisiin perustuva käyttöönhajain (2011): Mm. pelajat voivat ohjata pelihahmojen liikkeitä omilla liikkeillään ilman välineitä.	4) Teknologia, jolla ydinvoimalla voidaan turvallisesti poistaa käytöstä (2020) Erittäin luotettava järjestelmä, jolla voidaan suojella	4) Teknologia, jolla ydinvoimalla voidaan turvallisesti poistaa käytöstä (2020) Erittäin luotettava järjestelmä, jolla voidaan suojella
Puumateriaalien kestävä käytön asiantuntija	7-39: Teknologia, joka alentaa CO2:n maaperään sidonnan kustannuksia edistään öljyn, kaasun tai kivihiihkerostumien käyttöä samalla säilöen CO2:ta	Eri käyttöihin tarkasti räätälöidyt materiaalit ++ Räätiäity massatuotanto (mass customization) + Mikrooneet (pienet koneet, jotka seuraavat, ohjaavat ja	4. Liikkeisiin perustuva käyttöönhajain (2011): Mm. pelajat voivat ohjata pelihahmojen liikkeitä omilla liikkeillään ilman välineitä.	4. Liikkeisiin perustuva käyttöönhajain (2011): Mm. pelajat voivat ohjata pelihahmojen liikkeitä omilla liikkeillään ilman välineitä.	5) Erittäin luotettava välineiden käytön sadolle miljoonille internetin	5) Erittäin luotettava välineiden käytön sadolle miljoonille internetin	5) Erittäin luotettava välineiden käytön sadolle miljoonille internetin

<p>20 % tai korkeampia</p> <p>7-16: Teknologia, jolla polttoaineita ja biokemikaaleja voidaan tuottaa kaupallisesti käyttäen kasveja ja mikro-organismeja</p> <p>7-35: Kaasuttamalla ja CO<sub>2</sub>-ta sitomalla (CCS) tapahtuva voiman synteettisten polttoaineiden taloudellinen tuotanto käytetään esim. hiiltä, raskasta polttoöljyä ja biomassaa</p> <p>7-36: Meren syvänteiden käyttö CO<sub>2</sub>-n sidontaan</p> <p>3-38: Auriomaisten viljely vihreällä tekniikalla parantaa kasvien sopeutumista suolaisuuteen, kuivuuteen ja kylmyyteen säätämällä niiden kasvua</p> <p>9-46: Hiiltä sitovien materiaalien käyttö CO<sub>2</sub>-n vähentämiseen</p> <p>9-22: Lämpimistä materiaalista sähköä vähintään 10 % teholla tuotettava moduuli</p> <p>9-33: Errotelevien kalvojen käyttö, jolla hiilipohjaisista materiaaleista voidaan erottaa vety ilman CO<sub>2</sub> päästöjä ympäristöön</p> <p>5-44: Aurinkoenergiaa</p>	<p>säteilevät erilaisia laitteita ja kehon toimintoja) ++</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Helposti muunneltavista moduuleista rakennetut rakennukset +++</li> <li>• Nanotekniikka +++</li> <li>• Älykkäät robotit ++</li> <li>• Älykkäät sensorit +++</li> </ul> <p>3. Online -yhteiskunta</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Henkilöiden biotunnistus +</li> <li>• Langattomuus +++</li> <li>• Web 2.0 (Wikipedia, sosiaalinen media) ++</li> <li>• Tilattavissa olevat viihdepalvelut +++</li> <li>• Globaali tavoitettavuus ++</li> <li>• Keinoäly (Artificial intelligence AI) ++</li> <li>• Optiset tietokoneet</li> <li>• Virtuaalitodellisuus ++</li> <li>• Kvanttitietokoneet</li> <li>• Älyn laajentaminen (Intelligence amplification IA) ++</li> </ul> <p>4. Elämän hallitseminen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Telelääketiede +++</li> <li>• Kemoelimet ++</li> <li>• Lasten ominaisuuksien kehittäminen</li> <li>• Kantasoluista nanoputkistoon pystyy erittään tehokkaasti lukemaan pitkiä DNA- </li></ul>	<p>kromosomiparissa (2011): Aikaisempi DNA:n luenta ei ole pystynyt tunnistamaan vaikuttavan geenin sijainti toisessa parillisista kromosomeista</p> <p>5. Kenotekoiset solut (2011): Täydellisesti kuvattu bakteerin perimä on kytetty rakentamaan DNA-palasia</p> <p>6. Alkiokantasolujen keinokeinoinen valmistus (2010): Moniksi solutyypeiksi kehitettävissä olevien ihmisen kantasolujen keinokeinoinen valmistus mahdollisten mm. eri kemikaalien ihmisille aiheuttamien vaikutusten paremman tutkimisen.</p> <p>7. Elektroniset implantit perustuvat erilaisiin hajoamisajan omaavut implantit, joita keho ei hyljeksi ja jotka mahdollistavat elektronisten laitteiden sijoittamisen kehoon..</p> <p>8. Kaksivaikutteinen antibody (2010): Y-molempien aribodin muotoisen yhteen aktivointi antigeenin torjuntaan.</p> <p>9. Genomin luenta 100\$:lla (2009): Biosiru, joka ohjaamalla DNA:ta haaroittuvaan kantasoluista nanoputkistoon pystyy erittään tehokkaasti lukemaan pitkiä DNA-</p>	<p>edullisuutta</p> <p>4. Sähköjakelun tehokas kontrollointi (2011): Uusi sähkön jakeluratkaisu mahdollistaa joustavan sähkön jakelun sinne missä sitä eniten tarvitaan. Tämä on tarpeen mm. sähköautojen latauksen organisoinniseksi.</p> <p>5. Keveät akut (2011): Akkuratkaisu, joka voi keventää sähköautoissa käytettävän akun painon puoleen laskien radikaalisti auton hintaa.</p> <p>6. Etanolia tuottavat mikrobitt (2010): Biopolttoaineen tuottaminen pelkästään hiilidioksidilla ja vedellä.</p> <p>7. Tehokas ohutkalvo-aurinkokenno (2010): Nanohiukkasia käytetään onnistuttu kehittämään entistä paremmalla hyötysuhteella toimiva ohutkalvo-aurinkokenno</p> <p>8. Vihreä betoni (2010): Perinteisen sementin valmistus erittään tehokkaasti suunnilleen yhtä</p>	<p>5. Kolmiulotteista kuvaava välittävä matkapuhelin (2010): Kaksiulotteisesta havaintomateriaalista kolmiulotteista kuvaava muodostava matkapuhelin</p> <p>6. Erittäin suuren kapasiteetin muistilastu (2009): U-muotoisiin magneettisiin nanojohtoihin perustuva erittäin pieneen kaistaleveyden muisti</p> <p>7. Nanoalitteiden energialähde (2009): Nanojohtojen liikkeeseen piezosähköiseen vaikutukseen perustuva energia</p> <p>8. Nanoradio (2008): Nanoradio, jonka keskeinen virtapiiri perustuu yhteen nanoputkeen.</p> <p>9. Grafeenitransistorit (2008): Sataa kertaa nopeampia grafeenitransistoreita on valmistettu sadoittain yhteen prosessoriin.</p> <p>10. Erittäin suuren kapasiteetin muisti (2005): Nanoputkiin perustuva erittäin tehokas ja vähän energiaa käyttävä pysyvän muistijäljen tuottava RAM "universaalimuisti".</p>	<p>kytkäville tableteille ja älypuhelimille.</p> <p>6. Turvallisempi kriittinen ohjauslogiikka (2011): Tietokoneiden ohjattava yhä useampia laitteita esim. ulkopuolelta tuleva väärä ohjausinformaatio voi johtaa vakaviin seurauksiin. Tätä voidaan estää varmistamalla keskeisimmän ohjauksikon toimivuus kaikissa olosuhteissa.</p> <p>7. Reaaliaikaiset haut (2010): Google kykenee hakumekanismillaan tunnistamaan tietoa joka ajankohitaisuutensa ja muutamissa sekunneissa On kehitetty työkaluja, joilla katsojat voivat vuorovalitukseksi osallistua TV-ohjelmien kommentointiin.</p> <p>9. Pilvessä ohjelmointi (2010): Bloom -keli helpottaa pilvessä tapahtuvaa reaaliaikaista ohjelmointia mahdollistaen mm. entistä paremmin monien pelaajien pelit ja tsunamideista varoittamisen.</p> <p>10. Tehäviä hoitava internet-apulainen (2009): Pelkän tiedonkeruun ohella kehitetty apulainen voi tehdä yksinkertaisia toimenpiteitä vaikka varaten pöydän Kiinalaisesta ravintolasta</p>	<p>henkilöiden ja ryhmien yksityisyyttä ja tietojen salautta pahantahtoista hakkerilla (2016) Erittäin tarkka prosessiteknika (Angstromin virhemarginaali), joka on saatu aikaan säteillä (ioni, elektroni, laser), koneiden kontrolliteknikailla ja sensorteknikailla (2018).</p> <p>7) Laaja-alaiset amorfiseen pihiin perustuvat aurinkopaneelit, joiden energian muuntotehokkuus on 20% (2020)</p> <p>8) Uusien käytännöllisten teknologien kehittäminen CO<sub>2</sub>-n turvalliseen ja pitkäkestoiseen sitomiseen (2017) Lähes kaikki sisävalaistus on korvattu puolioljoiteisiin perustuvilla valaisulähteillä (2018)</p> <p>10) Syöväen leviämisen fysiologisen perustan selvittäminen (2018)</p> <p>11) Maanis-depressiivisen häiriön synnyin selvittäminen molekyylitasolla (2020)</p>
--	--	--	--	--	---	---

<p>tuottava laitos avaruudessa, joka siirtää sähköä maahan mikroaaltoja tai lasereita käyttäen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Syöpähoitot ++</li> <li>• Yksilölliset hoitot ++</li> <li>• Geeniterapia ++</li> <li>• Eliniän pidentäminen +</li> </ul> <p>5. Liikenteen globaalit ratkaisut</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hybridi- ja sähköautot ++</li> <li>• Polttoainemoottorit</li> <li>• Älykkäät autot +</li> <li>• Automatisoidut moottorit +</li> <li>• Pienet lentokoneet</li> <li>• Magnetiittijunat</li> <li>• Huippunopeat lentokoneet</li> </ul> <p>6. Avaruusmatkailu</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaruusturismi</li> <li>• Kuusama +</li> <li>• Ihmiset Marsissa</li> <li>• Yhteydet toisiin älyllisiin</li> <li>• Matkat toisiin tähtiin</li> </ul>	<p>Jaksoja</p> <p>10. Kyberhyönteinen (2009): Etäohjattu mehiläisen kaltainen "cyberbug" yndistää näkö, tunto ja kemiallista informaatiota ja tavoitteena on elävien solujen hyödyntäminen.</p> <p>11. Diagonoosipaperi (2009): On kehitetty postimerkin kokoiselle paperille halpa veri- tai virtsaparasita tautteja diagnostisoiva testiväline.</p> <p>12. Pieni magneettikuvaus (2008): On kehitetty pieni, vähän energiaa vaativa magneettikuvaus MRI-laite, joka pystyy samaan kuin suuret ja kalliit laitteet lääketieteellisissä sovelluksissa. Soveltuu myös esimerkiksi räjähtämättömien pommien etsintään.</p> <p>13. Hermonverkköjen uusi kuvantamismenetelmä (2008): Geenien siirroilla saatu eri hermosolut erittämään erilaisia värejä, mikä auttaa hermonverkköjen hahmottamisessa.</p> <p>14. Bakteerit tehtaina (2005): Geenimuunneltu kasvi malarialääkkeen tuottajana</p> <p>15. RNAi terapia (2004): Pieni kaksoiskierteinen RNA (RNAi), joka</p>	<p>paljon CO<sub>2</sub> kuin miitä sementtiä. Uudella magnesiumum oksidin perustulla valmistustavalla voidaan sementistä tehdä jopa CO<sub>2</sub>:ta sitova.</p> <p>9. Nesteakku (2009): Aivan uudella tavalla valmistettu akku nestemäisiin elektrodihin, jotka pystyvät nopeasti lataamaan suuria määriä sähköä.</p> <p>10. Traveling-Wave ydinreaktori (2009). Kaavallussa reaktorityyppissä reaktori valmistaa oman polttoaineensa asteittain, niin että ketjureaktion aikaansaavan polttoaineen osuus on vähäinen.</p> <p>11. Pieniä virheitä sallivat prosessorit (2008): On kehitetty prosessori, joka jossain määrin tarkkuudesta tinkimällä voi säästää tuntuvasti energiaa.</p> <p>12. Johdoton voimansiirto (2008): Magnetiittia resonanssia hyödyntäen on kehitetty turvallinen menetelmä energian</p>	<p>11. T-säteet (2004): Aallonpituudessa näkyvän valon ja x-säteiden väliin asettuvat t-säteet (THz) tarjoavat turvallisemman vaihtoehdon tarkoituksiin, joissa on käytetty x-säteitä.</p>	<p>tietystä kaupunginosasta.</p> <p>11. Internet-tiedon edullinen varastointi (2009) Köyhissä maissa monilla ei ole varaa laajakaistayhteyksien käyttöön. Tilannetta helpottaa usein käytettyä tietoa varastoiva HashCache-palvelu...</p> <p>12. Tiedonkulun avoin reittittäminen internetissä (2009): Internetin tiedonkulun reitit ovat olleet sellaisten yhtiöiden kuin Cisco ja Hewlett-Packard liikesalaisuuksia. Stanfordin tutkijoiden kehittämä OpenFlow -standardi avaa ne tutkijoiden tarkasteltaviksi.</p> <p>13. Yliätysten mallintaminen (2008): Microsoffin tutkijat ovat kehittäneet softwären, joka erilaisia tietoja yhdistelemällä varoittaa yllättävistä tilanteista esimerkiksi autoilla liikkuva.</p> <p>14. Internetin offline-tilan parempi hyödyntäminen (2008): Adobe Integrated Runtime (AIR) ohjelmoijat ovat kehittäneet softwären, jolla sama ohjelma voi ajaa eri käyttöjärjestelmiä ja hardwarea.</p> <p>15. Puheluista tietoa ihmisen käyttäytymisestä (2008): Matkapuhelimen käytöstä kerätyn tiedon käyttö MIT:ssä ihmisten käyttäytymisen ennakoimiseksi.</p>
--	--	---	--	--	--

			<p>kohdistetaan tiettyyn geeniin, voi sammuttaa sen toiminnan.</p> <p>16. Uusi tapa lukea perimää (2004): Ihmisten välisiin eroihin keskittyvä geenien (SNIPS) luenta tapana lukea olennainen perimästä</p>	<p>lähiiriitoon ilman johtoja.</p> <p>13. Sellupohjaisesta materiaaleista etanolia tuottavat entsyymit (2008): Geenimuuntelulla on kehitetty tehokkaammin sellupohjaisista materiaaleista etanolia tuottavia entsyymejä.</p> <p>14. Sähkön siirto nanoputkilla (2005): Nanoputkista punottu johto siirtää sähköä erittäin tehokkaasti.</p>		<p>16. Paikkatiedon käyttö tiedottamiseen lähellä puhelinta olevista kohteista (2007): Mobile Augmented Reality – palvelulla Nokian tutkijat ovat onnistuneet välittämään tietoa kiinnostavista kohteista lähellä puhelinta.</p>	
--	--	--	---	--	--	--	--

## Liite 2. Top 10 listojen teknologioita 2001-2012 ja MIT Technology Review:n perusteluista valinnoille

### Biotekniikka

1. Munasoluja lisäävä tekniikka (2012): Nykyisin naisten hedelmällisyys laskee jyrkästi 40 ikävuoden jälkeen. Keinotekoiseiin kantasoluihin perustuva keksintö tekee ehkä mahdolliseksi olennaisesti lisätä *munasoluja myös tässä iässä*. Otteita perusteluista:

Jonathan Tilly may have discovered a way to slow the ticking of women’s biological clocks. In a paper published in March, the Harvard University reproductive biologist and his colleagues reported that women carry egg stem cells in their ovaries into adulthood—a possible key to extending the age at which a woman might have a baby.

Today, a woman’s fertility is limited by her total supply of eggs and by the diminished quality of those eggs as she reaches her 40s. Tilly’s work with the stem cells—cells that can differentiate, or develop into other kinds of cells—could address both issues. For one thing, it’s possible that these newly discovered cells could be coaxed to develop into new eggs. And even if not, he says, they could be used to rejuvenate an older woman’s existing eggs.

2. Nanokokoiseen aukkoon perustuva DNA:n lukeminen (2012): DNA:n uusi yksinkertainen lukutekniikka voi tehdä geneettisen testauksen halvaksi rutiiniksi monissa yhteyksissä. Otteita perusteluista:

Oxford Nanopore has demonstrated commercial machines that read DNA bases directly. The technology offers a way to make genome sequencing faster, cheaper, and potentially convenient enough to let doctors use sequencing as routinely as they order an MRI or a blood cell count, ushering in an era of personalized medicine.

The company’s devices, which eliminate the need to amplify DNA or use expensive reagents, work by passing a single strand of DNA through a protein pore created in a membrane. An electric current flows through the pore; different DNA bases disrupt the current in different ways, letting the machine electronically read out the sequence.

3. Syöpien geneettisen tyypin tunnistaminen (2011): Uudet DNA:n luennan laitteet tekevät mahdolliseksi entistä paljon tarkemmin tunnistaa syövän erityisen tyypin mahdollistaen täsmähoidon. Otteita perusteluista:

In the fall of 2006, a new machine arrived at what’s now known as the Genome Institute at Washington University in St. Louis. It was capable of reading DNA a thousand times as quickly as the facility’s earlier machines, and at far less cost. Elaine Mardis, the center’s codirector, immediately began using it to sequence cancer tissues, scouring their DNA for mutations. Just five years later, Mardis and her collaborators have sequenced both cancerous and healthy tissue from several hundred patients and identified tens of thousands of mutations. Some of the findings have led to new approaches to treating cancer, while others have opened new avenues of research.

Cancer develops when cells accumulate genetic mistakes that allow them to grow and divide faster than healthy cells. Identifying the mutations that underlie this transformation

can help predict a patient's prognosis and identify which drugs are most likely to work for that patient. The information could also identify new targets for cancer drugs. "In a single patient, you have both the tumor genome and the normal genome," Mardis says. "And you can get at answers much more quickly by comparing the two."

#### 4. Menetelmä geenin sijainnin määrittelemiseksi kromosomiparissa (2011): Aikaisempi DNA:n luenta ei ole pystynyt tunnistamaan vaikuttavan geenin sijainti toisessa parillisista kromosomeista. Otteita perusteluista:

The clear rubber chip sitting under a microscope in Stephen Quake's lab is a complex maze of tiny channels, chambers, and pumps, hooked up to thin plastic tubes that supply reagents and control 650-plus minuscule valves. Using this microfluidic chip, Quake, a biophysicist at Stanford University, has engineered a way of obtaining data that's missing from nearly all human genome sequences: which member of a pair of chromosomes a gene belongs to.

Technology that makes it easier to identify the variations between chromosomes could have a huge impact on fundamental genomic research and personalized medicine. "This is definitely the next frontier," says Nicholas Schork, a statistical geneticist at the Scripps Research Institute. Right now, he says, "we're missing out on all sorts of biological phenomena that occur as a result of humans' having [paired chromosomes]."

#### 5. Keinotekoiset solut (2011): Täydellisesti kuvattu bakteerin perimä on kyetty rakentamaan DNA-palasisista

##### Otteita perusteluista:

The bacteria growing on stacks of petri dishes in Daniel Gibson's lab are the first living creatures with a completely artificial genome. The microbes' entire collection of genes was edited on a computer and assembled by machines that create genetic fragments from chemicals and by helper cells that pieced those fragments together. Gibson hopes that being able to design and create entire genomes, instead of just short lengths of DNA, will dramatically speed up the process of engineering microbes that can carry out tasks such as efficiently producing biofuels or vaccines.

Until last year, biologists hadn't been able to make large enough pieces of DNA to create an entire genome; though living cells routinely make long stretches of DNA, a DNA synthesis machine can't do the same. In May, Gibson and his colleagues at the J. Craig Venter Institute announced their solution to this problem. Gibson used yeast cells to stitch together thousands of fragments of DNA made by a machine, pooled the longer pieces, and repeated the process until the genome was complete. Next he inserted the genome into bacterial cells that were about to divide and grew the bacteria in a medium hostile to all cells except the ones harboring the synthetic genome.

#### 6. Alkiokantasolujen keinotekoinen valmistus (2010): Moniksi solutyypeiksi kehitettävissä olevien ihmisen kantasolujen keinotekoinen valmistus mahdollisten mm. eri kemikaalien ihmisille aiheuttamien vaikutusten paremman tutkimisen. Otteita perusteluista:

The small plastic vial in James Thomson's hand contains more than 1.5 billion carefully coddled heart cells grown at Cellular Dynamics, a startup based in Madison, WI. They are derived

from a new type of stem cell that Thomson, a cofounder of the company, hopes will improve our models of human diseases and transform the way drugs are developed and tested.

Thomson, director of regenerative biology at the Morgridge Institute at the University of Wisconsin, first isolated human embryonic stem cells in 1998. Isolating these cells, which are capable of maturing into any other type of cell, marked a landmark in biology—but a controversial one, since the process destroys a human embryo. A decade later, Thomson and Junying Yu, then a Wisconsin postdoc, reached another milestone: they developed a way to make stem cells from adult cells by adding just four genes that are normally active only in embryos. (Japanese researcher Shinya Yamanaka simultaneously published a similar approach.) Dubbed induced pluripotent stem cells (iPS cells), they have the two defining characteristics of embryonic stem cells: they can reproduce themselves many times over, and they can develop into any cell type in the human body. Because no human embryos are used to create them, iPS cells solve two problems that had long plagued researchers: political protest and shortages of material.

#### 7. Elektroniset implantit (2010): Silkkiin perustuvat erilaisen hajoamisajan omaavat implantit, joita keho ei hyljeksi ja jotka mahdollistavat elektronisten laitteiden sijoittamisen kehoon. Otteita perusteluista:

Implanted electronics could provide a clearer picture of what's going on inside the body to help monitor chronic diseases or progress after surgery, but biocompatibility issues restrict their use. Many materials commonly used in electronics cause immune reactions when implanted. And in most cases today's implantable devices must be surgically replaced or removed at some point, so it's only worth using an implant for critical devices such as pacemakers. Silk, however, is biodegradable and soft; it carries light like optical glass; and while it can't be made into a transistor or an electrical wire, it can serve as a mechanical support for arrays of electrically active devices, allowing them to sit right on top of biological tissues without causing irritation. Depending on how it's processed, silk can be made to break down inside the body almost instantly or to persist for years. And it can be used to store delicate molecules like enzymes for a long time.

#### 8. Kaksivaikutteinen antibody (2010): Y-muotoisen antibodin molempien haarojen aktiivointi antigeenien torjuntaan. Otteita perusteluista:

Inventor Fuh's research into whether one antibody drug could be redesigned to do the work of two began six years ago. An antibody, one of the immune system's most robust weapons, is a Y-shaped protein about 10 nanometers long. At the tip of each branch is an active site, which grabs a specific molecule on an invading microbe or cancer cell. Swarms of antibodies disable the invader, marking it for destruction by white blood cells or other immune molecules.

Fuh notes that many mammalian antibodies have some ability to bind to a second antigen, but typically they do so weakly. Her goal was to exploit this ability while making both bonds tight and functional. Fuh's team induced subtle mutations at the tips of Herceptin and screened 10 billion mutant clones for activity against VEGF. They netted several candidates—including one with active sites that could bind to both HER2 and VEGF strongly enough to limit tumor growth.

#### 9. Genomin luenta 100\$:lla (2009): Biosiru, joka ohjaamalla DNA:ta haaroittuvaan nanoputkistoon pystyy erittäin tehokkaasti lukemaan pitkiä DNA-jaksoja. Otteita perusteluista:



Despite many experts' doubt that whole-genome sequencing could be done for \$1,000, let alone a 10th that much, BioNanomatrix believes it can reach the \$100 target in five years. The reason for its optimism: company founder Han Cao has created a chip that uses nanofluidics and a series of branching, ever-narrowing channels to allow researchers, for the first time, to isolate and image very long strands of individual DNA molecules.

If the company succeeds, a physician could biopsy a cancer patient's tumor, sequence all its DNA, and use that information to determine a prognosis and prescribe treatment-- all for less than the cost of a chest x-ray. If the ailment is lung cancer, for instance, the doctor could determine the particular genetic changes in the tumor cells and order the chemotherapy best suited to that variant.

10. Kyberhyönteinen (2009): Etäohjattu mehiläisen kaltainen "cyberbug" yhdistää näkö, tunto ja kemiallista informaatiota ja tavoitteena on elävien solujen hyödyntäminen. Otteita perusteluista:

A giant flower beetle flies about, veering up and down, left and right. But the insect isn't a pest, and it isn't steering its own path. An implanted receiver, microcontroller, microbattery, and six carefully placed electrodes--a payload smaller than a dime and weighing less than a stick of gum--allow an engineer to control the bug wirelessly. By remotely delivering jolts of electricity to its brain and wing muscles, the engineer can make the cyborg beetle take off, turn, or stop midflight.

The beetle's creator, Michel Maharbiz, hopes that his bugs will one day carry sensors or other devices to locations not easily accessible to humans or the terrestrial robots used in search-and-rescue missions. The devices are cheap: materials cost as little as five dollars, and the electronics are easy to build with mostly off-the-shelf components... Maharbiz's specialty is designing interfaces between machines and living systems, from individual cells to entire organisms. His goal is to create novel "biological machines" that take advantage of living cells' capacity for extremely low-energy yet exquisitely precise movement, communication, and computation.

11. Diagnosipaperi (2009): On kehitetty postimerkin kokoiselle paperille halpa veri- tai virtsapisarasta tauteja diagnostisoiva testiväline. Otteita perusteluista:

Diagnostic tools that are cheap to make, simple to use, and rugged enough for rural areas could save thousands of lives in poor parts of the world. To make such devices, Harvard University professor George Whitesides is coupling advanced microfluidics with one of humankind's oldest technologies: paper. The result is a versatile, disposable test that can check a tiny amount of urine or blood for evidence of infectious diseases or chronic conditions.

The finished devices are squares of paper roughly the size of postage stamps. The edge of a square is dipped into a urine sample or pressed against a drop of blood, and the liquid moves through channels into testing wells. Depending on the chemicals present, different reactions occur in the wells, turning the paper blue, red, yellow, or green. A reference key is used to interpret the results.

12. Pieni magneettikuvain (2008): On kehitetty pieni, vähän energiaa vaativa magneettikuvain (MRI-laite), joka pystyy samaan kuin suuret ja kalliit laitteet lääketieteellisissä soveluksissa. Soveltuu myös esimerkiksi räjähtämättömien pommien etsintään. Otteita perusteluista:

John Kitching, a physicist at the National Institute of Standards and Technology in Boulder, CO, is developing tiny, low-power magnetic sensors almost as sensitive as their big, expensive counterparts. About the size of a fat grain of rice, the sensors are called atomic magnetometers. Kitching hopes that they will one day be incorporated into everything from portable MRI machines to faster and cheaper detectors for unexploded bombs.

13. Hermoverkkojen uusi kuvantamismenetelmä (2008): Geenien siirrolla saatu eri hermosolut erittämään erilaista väriä, mikä auttaa hermoverkkojen hahmottamisessa. Otteita perusteluista:

Although researchers have been studying neural connectivity for decades, existing tools don't offer the resolution needed to reveal how the brain works. In particular, scientists haven't been able to generate a detailed picture of the hundreds of millions of neurons in the brain, or of the connections between them. Lichtman's technology--developed in collaboration with Jean Livet, a former postdoc in his lab, and Joshua Sanes, director of the Center for Brain Science at Harvard--paints nerve cells in nearly 100 colors, allowing scientists to see at a glance where each axon leads. Understanding this wiring should shed light on how information is processed and transferred between different brain areas.

To create their broad palette, Lichtman and his colleagues genetically engineered mice to carry multiple copies of genes for three proteins that fluoresce in different colors--yellow, red, or cyan. The mice also carry DNA encoding an enzyme that randomly rearranges these genes so that individual nerve cells produce an arbitrary combination of the fluorescent proteins, creating a rainbow of hues. Then the researchers use fluorescence microscopy to visualize the cells.

14. Bakteerit tehtaina (2005): Geenimuunneltu kasvi malarialääkkeen tuottajana. Otteita perusteluista:

In the valleys of central China, a fernlike weed called sweet wormwood grows in fields formerly dedicated to corn. The plant is the only source of artemisinin, a drug that is nearly 100 percent effective against malaria. But even with more farmers planting the crop, demand for artemisinin exceeds supply, driving its cost out of reach for many of the 500 million afflicted with malaria every year. University of California, Berkeley, bioengineer Jay Keasling aims to solve the supply problem -- and reduce the cost of treatment to less than 25 cents -- by mass-producing the compound in specially engineered bacteria.

15. RNAi terapia (2004): Pieni kaksoiskierteinen RNA (RNAi), joka kohdistetaan tiettyyn geeniin, voi sammuttaa sen toiminnan. Otteita perusteluista ja tuore kommentti:

From heart disease to hepatitis, cancer to AIDS, a host of modern ailments are triggered by our own errant genes--or by those of invading organisms. So if a simple technique could be found for turning off specific genes at will, these diseases could--in theory--be arrested or cured. Biochemist Thomas Tuschl may have found just such an off switch in humans:

RNA interference (RNAi). While working at Germany's Max Planck Institute for Biophysical Chemistry, Tuschl discovered that tiny double-stranded molecules of RNA designed to target a certain gene can, when introduced into human cells, specifically block that gene's effects.

### **Tuore kommentti:**

2012 was the most exciting year in the ~12-year history of RNAi Therapeutics- both from a scientific and financial perspective. Left for dead by most, unambiguous gene knockdown results in Man have allowed the technology to regain much-needed respectability. With the start of 2013, the industry is looking to build on these successes with additional clinical trial results, interesting new therapeutic candidates and product-specific and platform-related deals, particularly in the area of delivery. With appetite for innovation increasing in a low interest rate economy and with the orphan drug tsunami, 2013 could be a quite rewarding year for the discerning investor.

### **16. Uusi tapa lukea perimää (2004):Ihmisten väliin eroihin keskittyvä geenien (SNIPS) luenta tapana lukea olennainen perimästä. Otteita perusteluista:**

Three billion. That's the approximate number of DNA "letters" in each person's genome. The Human Genome Project managed a complete, letter-by-letter sequence of a model human-a boon for research. But examining the specific genetic material of each patient in a doctor's office by wading through those three billion letters just isn't practical. So to achieve the dream of personalized medicine-a future in which a simple blood test will determine the best course of treatment based on a patient's genes-many scientists are taking a shortcut: focusing on only the differences between people's genomes.

David Cox, chief scientific officer of Perlegen Sciences in Mountain View, CA, is turning that strategy into a practical tool that will enable doctors and drug researchers to quickly determine whether a patient's genetic makeup results in greater vulnerability to a particular disease, or makes him or her a suitable candidate for a specific drug. Such tests could eventually revolutionize the treatment of cancer, Alzheimer's, asthma-almost any disease imaginable. And Cox, working with some of the world's leading pharmaceutical companies, has gotten an aggressive head start in making it happen.

### **Energia**

#### **1. Erittäin tehokas aurinkopaneeli (2012): 34% hyötysuhteella toimiva aurinkopaneeli tekee ehkä mahdolliseksi haastaa hiileen tai kaasuun perustuvan energiantuotannon. Otteita perusteluista:**

A startup called Semprius set an important record for solar energy: it showed that its solar panels can convert nearly 34 percent of the light that hits them into electricity... Semprius uses gallium arsenide, which is better than silicon at turning light into electricity (the record efficiency measured in a silicon solar panel is about 23 percent). But gallium arsenide is also far more expensive, so Semprius is trying to make up for the cost in several ways.

One is by shrinking its solar cells, the individual light absorbers in a solar panel, to just 600 micrometers wide, 600 micrometers long, and 10 micrometers thick. Its manufacturing process is built on research by cofounder John Rogers, a professor of chemistry and engineering at the University of Illinois, who figured out a way to grow the small cells on a gallium arsenide wafer, lift them off quickly, and then reuse the wafer to make more cells. Once the cells are laid down, Semprius maximizes their power production by putting them under glass lenses that concentrate sunlight about 1,100 times.

2. Kylän edullinen sähköverkko perustuen aurinkoenergiaan (2012): On kehitetty halpenevaan aurinkoenergiaan perustuva edullinen sähköverkko kehitysmaiden kuten Intian tarpeisiin. Otteita perusteluista:

Nearly 400 million Indians, mostly those living in rural communities, lack access to grid power. For many of them, simply charging a cell phone requires a long trip to a town with a recharging kiosk, and their homes are dimly lit by sooty kerosene-fueled lamps. To change that, Nikhil Jaisinghani and Brian Shaad cofounded Mera Gao Power. Taking advantage of the falling cost of solar panels and LEDs, the company aims to build and operate low-cost solar-powered microgrids that can provide clean light and charge phones. Microgrids distribute electricity in a limited area from a relatively small generation point.

3. Parhaiden akkumateriaalien nopea tunnistaminen (2012): Menetelmä, jolla voidaan nopeasti vertailla akkujen erilaisten katodi-anodi-elektrolyytti yhdistelmien edullisuutta. Otteita perusteluista:

San Diego-based Wildcat Discovery Technologies is accelerating the identification of valuable energy storage materials by testing thousands of substances at a time. In March of last year, it announced a lithium cobalt phosphate cathode that boosts energy density by nearly a third over current cathodes in popular lithium-ion phosphate batteries. The company also unveiled an electrolyte additive that allows batteries to work more reliably at higher voltages.

Choosing the optimal materials for batteries is a particularly tricky problem. The devices have three principal components: an anode, a cathode, and an electrolyte. Not only can each be formed from almost any blend of a huge number of compounds, but the three components have to work well together. That leaves many millions of promising combinations to explore. To hunt down winning combinations, Wildcat has adopted a strategy originally developed by drug discovery labs: high-throughput combinatorial chemistry. Instead of testing one material at a time, Wildcat methodically runs through thousands of tests in parallel, synthesizing and testing some 3,000 new material combinations a week. The easy way to test thousands of materials is to deposit a sample of each one in a thin film atop a substrate.

4. Sähkönjakelun tehokas kontrollointi (2011): Uusi sähkön jakeluratkaisu mahdollistaa joustavan sähkön jakelun sinne missä sitä eniten tarvitaan. Tämä on tarpeen mm. sähköautojen latauksen organisoimiseksi.

Otteita perusteluista:

Alex Huang's new transformer will make it easier for the grid to cope with things it was never designed for, like charging large numbers of electric vehicles and tapping surplus electricity from residential solar panels. Smart meters in homes and offices can help by providing fine-

grained information about the flow of electricity, but precise control over that flow is needed too. Not only would this stabilize the grid, but it would better balance supply and demand, reducing spikes so that fewer power plants would be needed to guarantee the electricity supply.

#### 5. Keveät akut (2011): Akkuratkaisu, joka voi keventää sähköautoissa käytettävän akun painon puoleen laskien radikaalisti auton hintaa. Otteita perusteluista:

Ann Marie Sastry wants to rid electric vehicles' battery systems of most of the stuff that doesn't store energy, such as cooling devices and supporting materials within the battery cells. It all adds up to more than half the bulk of typical lithium-ion-based systems, making them cumbersome and expensive. So in 2007, she founded a startup called Sakti3 to develop solid-state batteries that don't require most of this added bulk. They save even more space by using materials that store more energy. The result could be battery systems half to a third the size of conventional ones.

Cutting the size of a battery system in half could cut its cost by as much as half, too. Since the battery system is the most expensive part of an electric car (often costing as much as \$10,000), that would make electric cars far cheaper. Alternatively, manufacturers could keep the price constant and double the 100-mile range typical of electric cars... Sastry's solid-state batteries are still based on lithium-ion technology, but they replace the liquid electrolyte with a thin layer of material that's not flammable. Solid-state batteries are also resilient: some prototypes demonstrated by other groups can survive thousands of charge-discharge cycles.

#### 5. Etanolia tuottavat mikrobit (2010): Biopolttoaineen tuottaminen pelkästään hiilidioksidilla ja vedellä.

##### Otteita perusteluista:

By manipulating and designing genes, Joule Biotechnologies company has created photosynthetic micro-organisms that use sunlight to efficiently convert carbon dioxide into ethanol or diesel--the first time this has ever been done, the company says. Joule grows the microbes in photobioreactors that need no fresh water and occupy only a fraction of the land needed for biomass-based approaches. The creatures secrete fuel continuously, so it's easy to collect. Lab tests and small trials lead Noubar Afeyan to estimate that the process will yield 100 times as much fuel per hectare as fermenting corn to produce ethanol, and 10 times as much as making it from sources such as agricultural waste. He says costs could be competitive with those of fossil fuels.

#### 6. Tehokas ohutkalvo-aurinkokenno (2010): Nanohiukkasia käyttäen on onnistuttu kehittämään entistä paremmalla hyötysuhteella toimiva ohutkalvo-aurinkokenno. Otteita perusteluista:

Thin-film solar cells, which are made from semiconductor materials like amorphous silicon or cadmium telluride, are cheaper to produce than conventional solar cells, which are made from relatively thick and expensive crystalline wafers of silicon. But they are also less efficient, because if a cell is thinner than the wavelength of incoming light is long, that light is less likely to be absorbed and converted. At just a few micrometers thick, thin-film cells only weakly absorb wavelengths in the near-infrared part of the spectrum; that energy is lost. The result is that thin-film photovoltaics convert 8 to 12 percent of incoming light to electricity, versus 14

to 19 percent for crystalline silicon. Thus, larger installations are required in order to produce the same amount of electricity, limiting the number of places the technology can be used.

Plasmons are a type of wave that moves through the electrons at the surface of a metal when they are excited by incident light. Others had tried harnessing plasmonic effects to make conventional silicon photovoltaics more efficient, but no one had tried it with thin-film solar cells. The inventor Catchpole found that nanoparticles of silver she deposited on the surface of a thin-film silicon solar cell did not reflect back light that fell directly onto them, as would happen with a mirror. Instead, plasmons that formed at the particles' surface deflected the photons so that they bounced back and forth within the cell, allowing longer wavelengths to be absorbed. Catchpole's experimental devices produce 30 percent more electrical current than conventional thin-film silicon cells.

7. Vihreä betoni (2010): Perinteisen sementin valmistus tuottaa kiloissa suunnilleen yhtä paljon CO<sub>2</sub> kuin mitä sementtiä. Uudella magnesium oksidiin perustuvalla valmistustavalla voidaan sementistä tehdä jopa CO<sub>2</sub>:ta sitova. Otteita perusteluista:

Making cement for concrete involves heating pulverized limestone, clay, and sand to 1,450 °C with a fuel such as coal or natural gas. The process generates a lot of carbon dioxide: making one metric ton of commonly used Portland cement releases 650 to 920 kilograms of it. The 2.8 billion metric tons of cement produced worldwide in 2009 contributed about 5 percent of all carbon dioxide emissions. Nikolaos Vlasopoulos, chief scientist at London-based startup Novacem, is trying to eliminate those emissions with a cement that absorbs more carbon dioxide than is released during its manufacture. It locks away as much as 100 kilograms of the greenhouse gas per ton.

Vlasopoulos discovered the recipe for Novacem's cement as a grad student at Imperial College London. "I was investigating cements produced by mixing magnesium oxides with Portland cement," he says. But when he added water to the magnesium compounds without any Portland in the mix, he found he could still make a solid-setting cement that didn't rely on carbon-rich limestone. And as it hardened, atmospheric carbon dioxide reacted with the magnesium to make carbonates that strengthened the cement while trapping the gas.

8. Nesteakku (2009): Aivan uudella tavalla valmistettu akku perustuu nestemäisiin elektrodeihin, jotka pystyvät nopeasti lataamaan suuria määriä sähköä. Otteita perusteluista:

Without a good way to store electricity on a large scale, solar power is useless at night. One promising storage option is a new kind of battery made with all-liquid active materials. Prototypes suggest that these liquid batteries will cost less than a third as much as today's best batteries and could last significantly longer.

The battery is unlike any other. The electrodes are molten metals, and the electrolyte that conducts current between them is a molten salt. This results in an unusually resilient device that can quickly absorb large amounts of electricity. The electrodes can operate at electrical currents "tens of times higher than any [battery] that's ever been measured," says Donald Sadoway, a materials chemistry professor at MIT and one of the battery's inventors. What's more, the materials are cheap, and the design allows for simple manufacturing.

9. Traveling-Wave ydinreaktori (2009): Kaavailussa reaktorityypissä reaktori valmistaa oman polttoaineensa asteittain, niin että ketjureaktion aikaansaavan polttoaineen osuus on vähäinen.

Otteita perusteluista:

Enriching the uranium for reactor fuel and opening the reactor periodically to refuel it are among the most cumbersome and expensive steps in running a nuclear plant. And after spent fuel is removed from the reactor, reprocessing it to recover usable materials has the same drawbacks, plus two more: the risks of nuclear-weapons proliferation and environmental pollution.

These problems are mostly accepted as a given, but not by a group of researchers at Intellectual Ventures, an invention and investment company in Bellevue, WA. The scientists there have come up with a preliminary design for a reactor that requires only a small amount of enriched fuel--that is, the kind whose atoms can easily be split in a chain reaction. It's called a traveling-wave reactor. As it runs, the core in a traveling-wave reactor gradually converts nonfissile material into the fuel it needs. John Gilleland, manager of nuclear programs at Intellectual Ventures, aims to run the nuclear reactor on what is now waste. Conventional reactors use uranium-235, which splits easily to carry on a chain reaction but is scarce and expensive; it must be separated from the more common, nonfissile uranium-238 in special enrichment plants.

10. Pieniä virheitä sallivat prosessorit (2008): On kehitetty prosessori, joka jossain määrin tarkkuudesta tinkimällä voi säästää tuntuvasti energiaa. Otteita perusteluista

Krishna Palem has developed a way for chips to use significantly less power in exchange for a small loss of precision. His concept carries the daunting moniker "probabilistic complementary metal-oxide semiconductor technology"--PCMOs for short. Palem's premise is that for many applications--in particular those like audio or video processing, where the final result isn't a number--maximum precision is unnecessary. Instead, chips could be designed to produce the correct answer sometimes, but only come close the rest of the time. Because the errors would be small, so would their effects: in essence, Palem believes that in computing, close enough is often good enough.

Every calculation done by a microchip depends on its transistors' registering either a 1 or a 0 as electrons flow through them in response to an applied voltage. But electrons move constantly, producing electrical "noise." In order to overcome noise and ensure that their transistors register the correct values, most chips run at a relatively high voltage. Palem's idea is to lower the operating voltage of parts of a chip--specifically, the logic circuits that calculate the least significant bits, such as the 3 in the number 21,693. The resulting decrease in signal-to-noise ratio means those circuits would occasionally arrive at the wrong answer, but engineers can calculate the probability of getting the right answer for any specific voltage.

11. Johdoton voimansiirto (2008): Magneettista resonanssia hyödyntäen on kehitetty turvallinen menetelmä energian lähisiirtoon ilman johtoja. Otteita perusteluista:

Physicist Marin Soljacic sought a method that was both efficient--able to directly power receivers without dissipating energy to the surroundings--and safe. He eventually landed on the phenomenon of resonant coupling, in which two objects tuned to the same frequency

exchange energy strongly but interact only weakly with other objects. A classic example is a set of wine glasses, each filled to a different level so that it vibrates at a different sound frequency. If a singer hits a pitch that matches the frequency of one glass, the glass might absorb so much acoustic energy that it will shatter; the other glasses remain unaffected.

Soljačić found magnetic resonance a promising means of electricity transfer because magnetic fields travel freely through air yet have little effect on the environment or, at the appropriate frequencies, on living beings. Working with MIT physics professors John Joannopoulos and Peter Fisher and three students, he devised a simple setup that wirelessly powered a 60-watt light bulb.

## 12. Sellupohjaisista materiaaleista etanolia tuottavat entsyymit (2008): Geenimuuntelulla on kehitetty tehokkaammin sellupohjaisista materiaaleista etanolia tuottavia entsyymejä. Otteita perusteluista:

No one has yet demonstrated a cost-competitive industrial process for making cellulosic biofuels. Today, nearly all the ethanol produced in the United States is made from the starch in corn kernels, which is easily broken down into the sugars that are fermented to make fuel. Making ethanol from cheaper sources will require an efficient way to free sugar molecules packed together to form crystalline chains of cellulose, the key structural component of plants. The key to more efficiently and cheaply breaking down cellulose, Arnold and many others believe, is better enzymes. And Arnold, who has spent the last two decades designing enzymes for use in everything from drugs to stain removers, is confident that she's well on her way to finding them.

But whereas converting cornstarch into sugar requires a single enzyme, breaking down cellulose involves a complex array of enzymes, called cellulases, that work together. In the past, cellulases found in fungi have been recruited to do the job, but they have proved too slow and unstable. Efforts to improve their performance by combining them in new ways or tweaking their constituent amino acids have been only moderately successful... Frances Arnold wants to do more than just make cheaper, more efficient enzymes for breaking down cellulose. She wants to design cellulases that can be produced by the same micro-organisms that ferment sugars into biofuel. Long a goal of researchers, "superbugs" that can both metabolize cellulose and create fuel could greatly lower the cost of producing cellulosic biofuels. She pioneered a technique, called directed evolution that involves creating many variations of genes that code for specific proteins. The mutated genes are inserted into micro-organisms that churn out the new proteins, which are then screened for particular characteristics.

## 13. Sähkön siirto nanoputkilla (2005): Nanoputkista punottu johto siirtää sähköä erittäin tehokkaasti.

### Otteita perusteluista:

Richard Smalley toys with a clear plastic tube that holds a thin, dark gray fiber. About 15 centimeters long, the fiber comprises billions of carbon nanotubes, and according to the Rice University chemist, it represents the first step toward a new type of wire that could transform the electrical power grid.



Smalley's lab has embarked on a four-year project to create a prototype of a nanotube-based "quantum wire." Cables made from quantum wires should conduct much better than copper. The wires' lighter weight and greater strength would also allow existing towers to carry fatter cables with a capacity ten times that of the heavy and inefficient steel-reinforced aluminum cables used in today's aging power grid. The goal is to make a wire with so little electrical resistance that it does not dissipate electricity as heat. Smalley says quantum wires could perform at least as well as existing superconductors -- without the need for expensive cooling equipment. The reason: on the nanometer scale, the weird properties of quantum physics take over, and a wire can carry current without resistance. Smalley's group has already produced 100-meter-long fibers consisting of well-aligned nanotubes.

## **Elektroniikka (erityisesti ICT hardware)**

### **1. Kuvan uudelleen kohdentava kamera (2012): Valon tulosuunnan tallentava kamera pysyy muotoilemaan kuvan toisesta suunnasta otetuksi. Otteita perusteluista:**

This March brought the first major update to camera design since the dawn of cheap digital photography: a camera that lets you adjust the focus of an image after you've taken the picture. It is being sold for \$399 and up by Lytro, a startup based in Silicon Valley that plans to use its technology to offer much more than the refocusing trick—options like making 3-D images at home.

All consumer cameras create images using a flat plate—whether chemical film or a digital sensor—to record the position, color, and intensity of the light that comes through a lens. Lytro's camera does all that, but it also records the angle at which rays of light arrive (see graphic). The resulting files aren't images but mini-databases capturing the three-dimensional pattern of light, called a light field, at a particular moment. Software can mine that database to produce many different possible photos and visual effects from one press of the shutter.

### **2. Kolmiulotteiset transistorit (2012): Pyrkiessään mahdollittamaan entistä enemmän transistoreita piilastulle, Intel on alkanut 3-D transistoreihin perustuvien prosessorien tuotannon. Otteita perusteluista:**

In an effort to keep squeezing more components onto silicon chips, Intel has begun mass-producing processors based on 3-D transistors. The move not only extends the life of Moore's Law (the prediction that the number of transistors per chip will double roughly every two years) but could help significantly increase the energy efficiency and speed of processors.

The on-and-off flow of current in conventional chips is controlled by an electric field generated by a so-called gate that sits on top of a wide, shallow conducting channel embedded in a silicon substrate. With the 3-D transistors, that current-carrying channel has been flipped upright, rising off the surface of the chip. The channel material can thus be in contact with the gate on both its sides and its top, leaving little of the channel exposed to interference from stray charges in the substrate below. In earlier transistors, these charges interfered with the gate's ability to block current, resulting in a constant flow of leakage current.

### 3. Nopeampi Fourier muunnos (2012): Data- signaalien käsittely nopeutuu olennaisesti uuden algoritmin ansiosta. Otteita perusteluista:

In January, four MIT researchers showed off a replacement for one of the most important algorithms in computer science. Dina Katabi, Haitham Hassanieh, Piotr Indyk, and Eric Price have created a faster way to perform the Fourier transform, a mathematical technique for processing streams of data that underlies the operation of things such as digital medical imaging, Wi-Fi routers, and 4G cellular networks.

The principle of the Fourier transform, which dates back to the 19th century, is that any signal, such as a sound recording, can be represented as the sum of a collection of sine and cosine waves with different frequencies and amplitudes. This collection of waves can then be manipulated with relative ease—for example, allowing a recording to be compressed or noise to be suppressed. In the mid-1960s, a computer-friendly algorithm called the fast Fourier transform (FFT) was developed. Anyone who's marveled at the tiny size of an MP3 file compared with the same recording in an uncompressed form has seen the power of the FFT at work. With the new algorithm, called the sparse Fourier transform (SFT), streams of data can be processed 10 to 100 times faster than was possible with the FFT.

### 4. Liikkeisiin perustuva käytönohjain (2011): Mm. pelaajat voivat ohjata pelihahmojen liikkeitä omilla liikkeillään ilman välineitä. Otteita perusteluista:

How do you issue complex commands to a computer without touching it? It's a crucial issue now that televisions are connected to social networks and cars are fitted with computerized systems for communication, navigation, and entertainment. So Alexander Shpunt has designed a 3-D vision system that lets anyone control a computer just by gesturing in the air.

Shpunt spent five years developing the system at Tel Aviv-based PrimeSense, and Microsoft adopted the technology to power its popular Kinect controller for the Xbox 360 game console. Players can use it to direct characters with their bodies alone—no need for the wands, rings, gloves, or colored tags that previous gestural interfaces relied on to detect the user's movements. The key to dispensing with those props was getting the computer to see the world in three dimensions, rather than the two captured by normal cameras. Sensing depth makes it relatively easy to distinguish, say, an arm from a table in the background, and then track the arm's movement.

### 5. Kolmiulotteista kuvaa välittävä matkapuhelin (2010): Kaksiulotteisesta havaintomateriaalista kolmiulotteista kuvaa muodostava matkapuhelin. Otteita perusteluista:

The Samsung B710 phone looks like a typical smart phone, but something unexpected happens when the screen is moved from a vertical to a horizontal orientation: the image jumps from 2-D to 3-D. The technology that produces this perception of depth is the work of Julien Flack, CTO of Dynamic Digital Depth, who has spent more than a decade perfecting software that can convert 2-D content to 3-D in real time. It could help solve the biggest problem with 3-D: the need for special glasses that deliver a separate image to each eye.

Flack's software synthesizes 3-D scenes from existing 2-D video by estimating the depth of objects using various cues; a band of sky at the top of a frame probably belongs in the far background, for example. It then creates pairs of slightly different

images that the viewer's brain combines to produce the sensation of depth. The technology can be used with the much-hyped 3-D televisions announced in January (which require glasses), but its biggest impact will be as a way to create content for mobile devices with autostereoscopic 3-D displays, which work by directing light to deliver different versions of an image directly to each of a viewer's eyes.

#### 6. Erittäin suuren kapasiteetin muistilastu (2009): U-muotoisiin magneettisiin nanojohtoihin perustuva erittäin pienen kaistaleveyden muisti. Otteita perusteluista:

Stuart Parkin has developed an entirely new way to store information: a memory chip with the huge storage capacity of a magnetic hard drive, the durability of electronic flash memory, and speed superior to both. Both magnetic disk drives and existing solid-state memory technologies are essentially two-dimensional, Parkin says, relying on a single layer of either magnetic bits or transistors. "Both of these technologies have evolved over the last 50 years, but they've done it by scaling the devices smaller and smaller or developing new means of accessing bits," he says. Parkin sees both technologies reaching their size limits in the coming decades. "Our idea is totally different from any memory that's ever been made," he says, "because it's three-dimensional."

The key is an array of U-shaped magnetic nanowires, arranged vertically like trees in a forest. The nanowires have regions with different magnetic polarities, and the boundaries between the regions represent 1s or 0s, depending on the polarities of the regions on either side. When a spin-polarized current (one in which the electrons' quantum-mechanical "spin" is oriented in a specific direction) passes through the nanowire, the whole magnetic pattern is effectively pushed along, like cars speeding down a racetrack. At the base of the U, the magnetic boundaries encounter a pair of tiny devices that read and write the data.

#### 7. Nanolaitteiden energialähde (2009): Nanojohtojen liikkeen piezosähköiseen vaikutukseen perustuva energianlähde. Otteita perusteluista:

Nanoscale sensors are exquisitely sensitive, very frugal with power, and, of course, tiny. They could be useful in detecting molecular signs of disease in the blood, minute amounts of poisonous gases in the air, and trace contaminants in food. But the batteries and integrated circuits necessary to drive these devices make them difficult to fully miniaturize. The goal of Zhong Lin Wang, a materials scientist at Georgia Tech, is to bring power to the nano world with minuscule generators that take advantage of piezoelectricity. If he succeeds, biological and chemical nano sensors will be able to power themselves.

The piezoelectric effect--in which crystalline materials under mechanical stress produce an electrical potential--has been known of for more than a century. But in 2005, Wang was the first to demonstrate it at the nanoscale by bending zinc oxide nanowires with the probe of an atomic-force microscope. As the wires flex and return to their original shape, the potential produced by the zinc and oxide ions drives an electrical current. The current that Wang coaxed from the wires in his initial experiments was tiny; the electrical potential peaked at a few millivolts. But Wang rightly suspected that with enough engineering, he could design a practical nanoscale power source by harnessing the tiny vibrations all around us--sound waves, the wind, even the turbulence of blood flow over an implanted device. These subtle movements would bend nanowires, generating electricity.

8. Nanoradio (2008): Nanoradio, jonka keskeinen virtapiiri perustuu yhteen nanoputkeen. Otteita perusteluista:

Alex Zettl, the physicist at the University of California, Berkeley, and his colleagues have come up with a nanoscale radio, in which the key circuitry consists of a single carbon nanotube. Any wireless device, from cell phones to environmental sensors, could benefit from nanoradios. Smaller electronic components, such as tuners, would reduce power consumption and extend battery life. Nanoradios could also steer wireless communications into entirely new realms, including tiny devices that navigate the bloodstream to release drugs on command.

Electronics manufacturers have made microscale radios, creating new products such as radio frequency identification (RFID) tags. Zettl's team set out to miniaturize individual components of a radio receiver, such as the antenna and the tuner, which selects one frequency to convert into a stream of electrical pulses that get sent to a speaker. But integrating separate nanoscale components proved difficult. About a year ago, however, Zettl and his students had a eureka moment. "We realized that, by golly, one nanotube can do it all," Zettl says. "Within a matter of days, we had a functioning radio." The first two transmissions it received were "Layla" by Derek and the Dominos and "Good Vibrations" by the Beach Boys.

9. Grafeenitransistorit (2008): Sata kertaa piitransistoreita nopeampia grafeenitransistoreita on valmistettu sadoittain yhteen prosessoriin. Otteita perusteluista:

Theoretical models had previously predicted that graphene, a form of carbon consisting of layers one atom thick, could be made into transistors more than a hundred times as fast as today's silicon transistors. Walter de Heer of Georgia Tech reported making arrays of hundreds of graphene transistors on a single chip. Though the transistors still fall far short of the material's ultimate promise, the arrays, which were fabricated in collaboration with MIT's Lincoln Laboratory, offer strong evidence that graphene could be practical for future generations of electronics.

Today's silicon-based computer processors can perform only a certain number of operations per second without overheating. But electrons move through graphene with almost no resistance, generating little heat. What's more, graphene is itself a good thermal conductor, allowing heat to dissipate quickly. Because of these and other factors, graphene-based electronics could operate at much higher speeds. And speed isn't graphene's only advantage. Silicon can't be carved into pieces smaller than about 10 nanometers without losing its attractive electronic properties. But the basic physics of graphene remain the same--and in some ways its electronic properties actually improve--in pieces smaller than a single nanometer. Interest in graphene was sparked by research into carbon nanotubes as potential successors to silicon. Carbon nanotubes, which are essentially sheets of graphene rolled up into cylinders, also have excellent electronic properties that could lead to ultrahigh-performance electronics. But nanotubes have to be carefully sorted and positioned in order to produce complex circuits, and good ways to do this haven't been developed. Graphene is far easier to work with.

10. Erittäin suuren kapasiteetin muisti (2005): Nanoputkiin perustuva erittäin tehokas ja vähän energiaa käyttävä RAM "universaalmuisti", joka säilyttää muistijäljet virran poistuessa. Otteita perusteluista:

Startup Nantero's approach is part of a broader effort to develop "universal memory" -- next-generation memory systems that are ultradense and low power and could replace everything from the flash memory in digital cameras to hard drives. Nantero's technology is based on research that the Woburn, MA, company's chief scientist, Thomas Rueckes, did as a graduate student at Harvard University. Rueckes noted that no existing memory technologies seemed likely to prove adequate in the long run. Static and dynamic random-access memory (RAM), used in laptops and PCs, are fast but require too much space and power; flash memory is dense and nonvolatile -- it doesn't need power to hold data -- but is too slow for computers. "We were thinking of a memory that combines all the advantages," says Rueckes.

11. T-säteet (2004): Aallonpituudessa näkyvän valon ja x-säteiden väliin asettuvat t-säteet (THz) tarjoavat turvallisemman vaihtoehdon tarkoituksiin, joissa on käytetty x-säteitä. Otteita perusteluista ja tuore kommentti:

With the human eye responsive to only a narrow slice of the electromagnetic spectrum, people have long sought ways to see beyond the limits of visible light. X-rays illuminate the ghostly shadows of bones, ultraviolet light makes certain chemicals shine, and near-infrared radiation provides night vision. Now researchers are working to open a new part of the spectrum: terahertz radiation, or t-rays. Able to easily penetrate many common materials without the medical risks of x-rays, t-rays promise to transform fields like airport security and medical imaging, revealing not only the shape but also the composition of hidden objects, from explosives to cancers.

Kommentti 2012:

Scientists have developed a new way to create electromagnetic Terahertz (THz) waves or T-rays - the technology behind full-body security scanners. In the study, researchers from the Institute of Materials Research and Engineering (IMRE), made T-rays into a much stronger directional beam than was previously thought possible, and have done so at room-temperature conditions. This is a breakthrough that should allow future T-ray systems to be smaller, more portable, easier to operate, and much cheaper than current devices. The scientists say that the T-ray scanner and detector could provide part of the functionality of a Star Trek-like medical 'tricorder' - a portable sensing, computing and data communications device - since the waves are capable of detecting biological phenomena such as increased blood flow around tumorous growths. Future scanners could also perform fast wireless data communication to transfer a high volume of information on the measurements it makes.

## Ohjelmointi (software)- tai sosiaalinen innovaatio

1. Joukkorahoitus (2012): Uusille teknologisille ratkaisuille rahoitusta hakeva nettisivusto. Otteita perusteluista:

Kickstarter, a New York City–based website originally founded to support creative projects, has become a force in financing technology startups. Entrepreneurs have used the site to raise hundreds of thousands of dollars at a time to develop and produce products, including a networked home sensing system and a kit that prints three-dimensional objects (see Hack).

This crowdfunding model offers an alternative to traditional means of raising startup funds for some types of businesses, such as Web or design firms. Startups keep their equity, maintain full control over strategy, and gain a committed community of early adopters to boot. While most projects ask for relatively small amounts, several have exceeded the \$1 million mark. Most notably, Double Fine Productions raised over \$3 million to develop a video game. That’s well beyond the typical angel stake, which generally tops out at \$600,000, and into the realm of the typical venture capital infusion.

2. Facebookin Timeline-palvelu (2012): Facebookin käynnistämä palvelu, joka auttaa hyödyntämään tietoa, jota on kertynyt sen noin 850 miljoonasta aktiivikäyttäjistä. Otteita perusteluista:

Facebook recently introduced its Timeline interface to its 850 million monthly active users. The interface is designed to make it easy to navigate much of the immense amount of information that the social network has gathered about each of its users—and to prompt them to add and share even more in a way that’s easy to analyze.

3. Facebookin tietojen sosiaalinen räätälöinti (2011): Käyttäen Facebookin käyttäjän aikaisempia valintoja hänelle tarjotaan kiinnostavaksi arvioitua tietoa. Otteita perusteluista:

Bret Taylor wants to make online services more attuned to what you really want. Search sites could take your friends’ opinions into account when you look for restaurants. Newspaper sites could use their knowledge of what’s previously captured your attention online to display articles you are interested in. “Fundamentally, the Web would be better if it were more oriented around people,” says Taylor, who is Facebook’s chief technology officer. To bring this idea to fruition, he is creating a kind of social index of the most frequently visited chunks of the Web.

Many sites have tried to personalize what they offer by remembering your past behavior and showing information they presume will be relevant to you. But the social index could be much more powerful because it also mines your friends’ interests and collects information from multiple sites. As a result, the index can give websites a sense of what is likely to interest you even if you’ve never been there before.

4. Turvallisempi pilvilaskenta (2011): Salatussa muodossa olevan tiedon helpompi käsittely internetissä

Otteita perusteluista:

Craig Gentry is creating an encryption system that could solve the problem keeping many organizations from using cloud computing to analyze and mine data: it's too much of a security risk to give a public cloud provider such as Amazon or Google access to unencrypted data.

The problem is that while data can be sent to and from a cloud provider's data center in encrypted form, the servers that power a cloud can't do any work on it that way. Now Gentry, an IBM researcher, has shown that it is possible to analyze data without decrypting it. The key is to encrypt the data in such a way that performing a mathematical operation on the encrypted information and then decrypting the result produces the same answer as performing an analogous operation on the unencrypted data. The correspondence between the operations on unencrypted data and the operations to be performed on encrypted data is known as a homomorphism. "In principle," says Gentry, "something like this could be used to secure operations over the Internet."

#### 5. Sujuvampi pilvessä työskentely (Cloud Streaming) (2011): Teknologia mahdollistaa mm. elokuvien muokkauksen ja arkkitehtisuunnittelun välineiden käytön sadoille miljoonille internetiin kytketyille tableteille ja älypuhelimille. Otteita perusteluista:

In the Silicon Valley conference room of OnLive, Steve Perlman touches the lifelike 3-D face of a computer-generated woman displayed on his iPad. Swiping the screen with his fingers, Perlman rotates her head; her eyes move to compensate, so that she continues to stare at one spot. None of this computationally intensive animation and visualization is actually taking place on the iPad. The device isn't powerful enough to run the program responsible—an expensive piece of software called Autodesk Maya. Rather, Perlman's finger-swipe inputs are being sent to a data center running the software. The results are returned as a video stream that seems to respond instantaneously to his touch.

To make this work, Perlman has created a way of compressing a video stream that overcomes the problems marring previous attempts to use mobile devices as remote terminals for graphics-intensive applications. The technology could make applications such as sophisticated movie-editing or architectural-design tools accessible on hundreds of millions of Internet-connected tablets, smart phones, and the like. And not only professional animators and architects would benefit. For consumers, it will allow streaming movies to be fast-forwarded and rewound in real time, as with a DVD player, while schools anywhere could gain easy access to software. "The long-term vision is actually to move all computing out to the cloud," says Perlman, OnLive's CEO.

#### 6. Turvallisempi kriittinen ohjausteknologia (2011): Tietokoneiden ohjatessa yhä useampia laitteita esim. ulkopuolelta tuleva väär ohjausinformaatio voi johtaa vakaviin seurauksiin. Tätä voidaan estää varmistamalla keskeisimmän ohjausyksikön toimivuus kaikissa olosuhteissa. Otteita perusteluista:

When a computer controls critical systems in vehicles and medical devices, software bugs can be disastrous: "unnecessarily risky" programs could put lives in danger, says June Andronick, a researcher at NICTA, Australia's national IT research center. As a result of one recently discovered software vulnerability, she notes by way of example, "a car could be controlled by an attack on its stereo system." She is trying

to reduce these risks by making the most important part of an operating system—the core, or kernel—in such a way that she can prove it will never crash.

The currently favored approach to creating reliable software is to test it under as many conditions as time and imagination allow. Andronick instead is adapting a technique known as formal verification, which microchip designers use to check their designs before making an integrated circuit. Andronick and her colleagues, working in Gerwin Klein's lab at NICTA, were able to formally verify the code that makes up most of the kernel of an operating system designed for processors often found embedded in smart phones, cars, and electronic devices such as portable medical equipment. Because this code is what ultimately passes software instructions from other parts of the system to hardware for execution, bulletproofing it has a major impact on the reliability of the entire system.

#### 7. Reaaliaikaiset haut (2010): Google kykenee hakumekanismeillaan tunnistamaan tietoa joka menettää ajankohtaisuutensa jo muutamissa sekunneissa. Otteita perusteluista:

What's really hard about real-time search is figuring out the meaning and value of those fleeting bits of information. The challenge goes beyond filtering out spam, though that's an important part of it. People who search real-time data want the same quality, authority, and relevance that they expect when they perform traditional Web searches. Nobody wants to drink straight from a fire hose.

Google dominates traditional search by meticulously tracking links to a page and other signals of its value as they accumulate over time. But for real-time search, this doesn't work. Social-networking messages can lose their value within minutes of being written. Google has to gauge their worth in seconds, or even microseconds. Google is notoriously tight-lipped about its search algorithms, but Amit Singhal explains a few of the variables the company uses to analyze what he calls "chatter." Some are straightforward. A Twitter user who attracts many followers, and whose tweets are often "retweeted" by other users, can generally be assumed to have more authority. Similarly, Facebook users gain authority as their friends multiply, particularly if those friends also have many friends.

#### 8. Sosiaalinen TV (2010): On kehitetty työkaluja, joilla katsojat voivat vuorovaikutteisesti entistä paremmin osallistua TV-ohjelmien vuorovaikutteiseen kommentointiin. Otteita perusteluista:

The viewership for live television broadcasts has generally been declining for years. But something surprising is happening: events such as the winter Olympics and the Grammys are drawing more viewers and more buzz. The rebound is happening at least in part because of new viewing habits: while people watch, they are using smart phones or laptops to swap texts, tweets, and status updates about celebrities, characters, and even commercials.

Many developers are working on ways to let people share the viewing experience over broadband connections or through set-top boxes; indeed, cable companies and other broadband video providers have sponsored small trials of various interactive TV services around the world for more than 20 years. But most of the systems were even clumsier than the combination of laptop and large-screen TV that today's viewers have kludged together. Montpetit wants to unite different communication systems—especially cellular and broadband services—to create an elegant user experience. She's been sharing ideas about



that sort of system with BT, which provides broadband connections to 15 million people in the United Kingdom and Ireland, including nearly a half-million digital-TV subscribers.

9. Pilvessä ohjelmointi (2010): Bloom -kieli helpottaa pilvessä tapahtuvaa reaaliaikaista ohjelmointia mahdollistaen mm. entistä paremmin monien pelaajien pelit ja tsunamideistä varoittamisen. Otteita perusteluista:

University of California, Berkeley, Joseph Hellerstein thinks he can make it much easier to write complex cloud applications by developing software that takes over the job of tracking data and keeping tabs on what's happening. His big idea is to modify database programming languages so that they can be used to quickly build any sort of application in the cloud--social networks, communication tools, games, and more.

The result is called Bloom. So far, Hellerstein's group has used the Bloom language and its predecessors to quickly rebuild and add major features to popular cloud tools such as Hadoop, a platform used to manipulate very large amounts of data. By lowering the complexity barrier, these languages should increase the number of developers willing to tackle cloud programming, resulting in a wave of ideas for new types of powerful applications. Hellerstein's group is getting Bloom ready for a release in late 2010. They and others are also working on demonstrating how the techniques can be used for real-time applications such as online multiplayer games, or to watch for the warning signs of an earthquake or tsunami.

10. Tehtäviä hoitava internet-apulainen (2009): Pelkän tiedonkeruun ohella kehitetty apulainen voi tehdä yksinkertaisia toimenpiteitä vaikka varaten pöydän Kiinalaisesta ravintolasta tietystä kaupunginosasta.

Otteita perusteluista:

Adam Cheyer, cofounder of Silicon Valley startup Siri, envisions a new way for people to interact with the services available on the Internet: a "do engine" rather than a search engine. Siri is working on virtual personal-assistant software, which would help users complete tasks rather than just collect information.

Siri traces its origins to a military-funded artificial-intelligence project called CALO, for "cognitive assistant that learns and organizes," that is based at the research institute SRI International. The project's leaders--including Cheyer--combined traditionally isolated approaches to artificial intelligence to try to create a personal-assistant program that improves by interacting with its user. Users can type or speak commands in casual sentences, and the software deciphers their intent from the context. Siri is connected to multiple online services, so a quick interaction with it can accomplish several small tasks that would normally require visits to a number of websites. For example, a user can ask Siri to find a midpriced Chinese restaurant in a specific part of town and make a reservation there.

11. Internet-tiedon edullinen varastointi (2009): Köyhissä maissa monilla ei ole varaa laajakaistayhteyksien käyttöön. Tilannetta helpottaa usein käytettyä tietoa varastoiva Hash-Cache -palvelu. Otteita perusteluista:

Even universities in poor countries can afford only low-bandwidth connections; individual users receive the equivalent of a fraction of a dial-up connection. To boost the utility of these connections, Pai and his group created HashCache, a highly efficient method of caching--that is, storing frequently accessed Web content on a local hard drive instead of using precious bandwidth to retrieve the same information repeatedly.

Despite the Web's protean nature, a surprising amount of its content doesn't change often or by very much. But current caching technologies require not only large hard disks to hold data but also lots of random-access memory (RAM) to store an index that contains the "address" of each piece of content on the disk. RAM is expensive relative to hard-disk capacity, and it works only when supplied with electricity--which, like bandwidth, is often both expensive and scarce in the developing world.

12. Tiedonkulun avoin reitittäminen internetissä (2009): Internetin tiedonkulun reitit ovat olleet sellaisten yhtiöiden kuin Cisco ja Hewlett-Packard liikesalaisuuksia. Stanfordin tutkijoiden kehittämä OpenFlow -standardi avaa ne tutkijoiden tarkasteltaviksi. Otteita perusteluista:

For years, computer scientists have dreamed up ways to improve networks' speed, reliability, energy efficiency, and security. But their schemes have generally remained lab projects, because it's been impossible to test them on a large enough scale to see if they'd work: the routers and switches at the core of the Internet are locked down, their software the intellectual property of companies such as Cisco and Hewlett-Packard.

Frustrated by this inability to fiddle with Internet routing in the real world, Stanford computer scientist Nick McKeown and colleagues developed a standard called OpenFlow that essentially opens up the Internet to researchers, allowing them to define data flows using software--a sort of "software-defined networking." Installing a small piece of OpenFlow firmware (software embedded in hardware) gives engineers access to flow tables, rules that tell switches and routers how to direct network traffic. Yet it protects the proprietary routing instructions that differentiate one company's hardware from another.

13. Yllätysten mallintaminen (2008): Microsoftin tutkijat ovat kehittäneet softwarren, joka erilaisia tietoja yhdistelemällä varoittaa yllättävistä tilanteista esimerkiksi autolla liikkuvaa. Otteita perusteluista:

Eric Horvitz, head of the Adaptive Systems and Interaction group at Microsoft Research, stresses that surprise modeling is not about building a technological crystal ball to predict what the stock market will do tomorrow, or what al-Qaeda might do next month. But, he says, "We think we can apply these methodologies to look at the kinds of things that have surprised us in the past and then model the kinds of things that may surprise us in the future."

Granted, says Horvitz, it's a far-out vision. But it's given rise to a real-world application: SmartPhlow, a traffic-forecasting service that Horvitz's group has been developing and testing at Microsoft since 2003. SmartPhlow works on both desktop computers and Microsoft PocketPC devices. It depicts traffic conditions in Seattle, using a city map on which backed-up highways appear red and those with smoothly flowing traffic appear green. But that's just the beginning. After all, Horvitz says, "most people in Seattle already know that such-and-such a highway is a bad idea in rush hour." And a machine that constantly tells you

what you already know is just irritating. So Horvitz and his team added software that alerts users only to surprises--the times when the traffic develops a bottleneck that most people wouldn't expect, say, or when a chronic choke point becomes magically unclogged.

14. Internetin offline-tilan parempi hyödyntäminen (2008): Adobe Integrated Runtime (AIR) ohjelmoijat ovat kehittäneet softwarin, jolla sama ohjelma voi ajaa eri käyttöjärjestelmiä ja hardwarea. Otteita perusteluista:

Cloud computing has drawbacks: users give up the ability to save data to their own hard drives, to drag and drop items between applications, and to receive notifications, such as appointment reminders, when the browser window is closed

Adobe Integrated Runtime (AIR), programmers can use Web technologies to build desktop applications that people can run online or off. AIR is a "runtime environment," an extra layer of software that allows the same program to run on different operating systems and hardware. (Java is another example.) With AIR, developers can use Web technologies such as HTML and Flash to write software for the desktop. Users won't have to seek out AIR to enjoy its benefits; they'll be prompted to download it along with the first AIR applications they want to use.

15. Puheluista tietoa ihmisen käyttäytymisestä (2008): Matkapuhelimien käytöstä kerätyn tiedon käyttö MIT:ssa ihmisten käyttäytymisen ennakointiin. Otteita perusteluista:

Sandy Pentland, MIT professor of media arts and sciences, would like to see phones collect even more information about their users, recording everything from their physical activity to their conversational cadences. Cell-phone data could shed light on workplace dynamics and on the well-being of communities. It could even help project the course of disease outbreaks and provide clues about individuals' health.

To create an accurate model of a person's social network, for example, Pentland's team combines a phone's call logs with information about its proximity to other people's devices, which is continuously collected by Bluetooth sensors. With the help of factor analysis, a statistical technique commonly used in the social sciences to explain correlations among multiple variables, the team identifies patterns in the data and translates them into maps of social relationships.

16. Paikkatiedon käyttö tiedottamiseen lähellä puhelinta olevista kohteista (2007): Mobile Augmented Reality -palvelulla Nokian tutkijat ovat onnistuneet tiedostoja yhdistämällä välittämään tietoa kiinnostavista kohteista lähellä puhelinta. Otteita perusteluista:

Engineers at the Nokia Research Center in Helsinki, Finland, hope that a project called Mobile Augmented Reality Applications will help you get where you're going--and decide what to do once you're there. Using data from these sensors, the phone can calculate the location of just about any object its camera is aimed at. Each time the phone changes location, it retrieves the names and geographical coordinates of nearby landmarks from an external database. The user can then download additional information about a chosen location from the Web

Nokia researchers have begun working on real-time image-recognition algorithms as well; they hope the algorithms will eliminate the need for location sensors and improve their system's accuracy and reliability. "Methods that don't rely on those components can be

more robust,” says Kari Pulli, a research fellow at the Nokia Research Center in Palo Alto, CA. All parties agree, though, that mobile augmented reality is nearly ready for the market. “For mobile-phone applications, the technology is here,” says Feiner. One challenge is convincing carriers such as Sprint or Verizon that customers would pay for augmented-reality services. “If some big operator in the U.S. would launch this, it could fly today,” Pulli says.

## Loppuviitteet

---

### *(Endnotes)*

- 1 i <http://www.springer.com/business+%26+management/operations+research/book/978-3-540-92827-0>. Internetistä on ladattavissa kirjaan hieman muokattuna sisältyvä ajattelutavan yleisiä lähtökohtia varsin hyvin luonnehtiva Ahti Salon ja Raimo P. Hämäläisen artikkeli Preference Programming –Multicriteria Weighting Models under Incomplete Information osoitteesta *citeseerx.ist.psu.edu*
- 2 Evaluating Tekes, *tptekes.wordpress.com*
- 3 Cuhls, Kerstin, Walter Ganz and Philine Warnke (2009) New future fields - Foresight Process on behalf of the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF), Fraunhofer ISI, Karlsruhe, [www.isi.fraunhofer.de/isi.../Foresight-Prozess\\_BMB...](http://www.isi.fraunhofer.de/isi.../Foresight-Prozess_BMB...)
- 4 [www.vtt.fi/files/services/.../Ubicom\\_innovaatiomaisema\\_uusi\\_2012](http://www.vtt.fi/files/services/.../Ubicom_innovaatiomaisema_uusi_2012)
- 5 [www.uspto.gov](http://www.uspto.gov)
- 6 <http://www.nistep.go.jp>
- 7 <http://www.nistep.go.jp/achiev/sum/eng/rep140e/pdf/rep140se.pdf>
- 8 <http://www.techcast.org>
- 9 [www.tekno.dk/pdf/projekter/europta\\_Report.pdf](http://www.tekno.dk/pdf/projekter/europta_Report.pdf)



**EDUSKUNTA  
RIKSDAGEN**

ISBN 978-951-53-3481-7 (nid.) • ISBN 978-951-53-3482-4 (PDF)