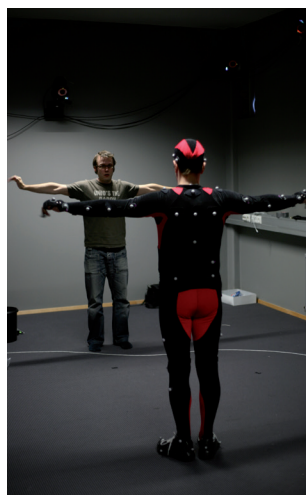


# Informaatioteknologian tiedekunnan tutkimus- ja koulutusstrategia - White Paper



Editor: Pekka Neittaanmäki  
Covers: Kati Valpe



Copyright © 2014  
Martti Lehto, Pekka Neittaanmäki ja Jyväskylän yliopisto

ISBN 978-951-39-6048-3 (verkkoj.)  
ISSN 2323-5004

Jyväskylän yliopistopaino, Jyväskylä 2014

# Informaatioteknologian tiedekunnan tutkimus- ja koulutusstrategia - White Paper

Martti Lehto, Pekka Neittaanmäki

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO INFORMAATIOTEKNOLOGIAN TUTKIMUKSEEN JA OPETUKSEEN .....	3
1.1	Kansallisia havaintoja kehitystrendeistä .....	3
1.1.1	Osaamisen kehitystrendejä .....	3
1.1.2	ICT-alan kehitystrendejä .....	7
1.2	Ulkomaisia havaintoja kehitystrendeistä .....	8
2	TIETO- JA PALVELUYHTEISKUNNAN KEHITTYMINEN .....	11
2.1	Huippunopea laajakaistaohjelma .....	14
2.2	Kansallinen palveluväylä .....	14
2.3	TORI-hanke .....	15
2.4	SADe-hanke .....	16
2.4.1	Etäpalveluhanke .....	18
2.5	TUVE-hanke .....	19
2.6	SOTE-palvelut.....	20
2.7	Digitaaliset opetuspalvelut .....	21
2.8	Viihde- ja pelipalvelut .....	24
3	KANSAINVÄLINEN JA KANSALLINEN STRATEGINEN VIITEKEHYS .....	25
3.1	EU:n digitaalistrategia 2010 ja 2012 .....	25
3.2	Euroopan unionin kyberturvallisuusstrategia 2013 .....	26
3.3	Eurooppa 2020 -strategia .....	27
3.4	Horisontti 2020 .....	28
3.5	Euroopan tutkimusneuvosto .....	29
3.6	Suomen digitaalinen agenda 2010 .....	30
3.7	Hallitusohjelma 2011 .....	31
3.8	Tietoyhteiskuntakehittäminen 2012 .....	31
3.9	KIDE-älystrategia.....	32
3.10	Julkisen hallinnon ICT-strategia 2012 .....	32
3.11	Suomen kyberturvallisuusstrategia 2013 .....	32
3.12	Keski-Suomen maakuntastrategia .....	34
3.13	Keski-Suomen ICT-strategia .....	35
3.14	INKA-kyberturvallisuusteema .....	36
4	TIETEEN PERUSPARADIGMOJEN KEHITYKSEN VAIKUTUS TUTKIMUKSEEN .....	39
4.1	Laskennalliset tieteet – tieteen kolmas paradigma.....	39
4.2	Big data-analyysi – tieteen neljäs paradigma .....	40
5	KANSALLINEN TUKI TUTKIMUSOHJELMILLE .....	42
5.1	Suomen Akatemia.....	42
5.2	Tekes.....	43
5.3	Turvallisuustutkimuksen toimeenpano-ohjelma.....	45
5.4	Maanpuolustuksen tieteellinen neuvottelukunta MATINE.....	46

6	KANSAINVÄLINEN VIITEKEHYS 2000-LUVUN DIGITAALISILLE TAIDOILLE .....	48
6.1	EU:n asettamia tavoitteita.....	48
6.1.1	Tietotekniset taidot 2000-luvulla (2007) .....	48
6.1.2	e-Skills for the 21 century (2007) .....	49
6.1.3	EU digitaalistrategia (2010) ja (2012).....	49
6.1.4	Digiosaamista Euroopan työmarkkinoille (2013) .....	50
6.1.5	Grand Coalition for Digital Jobs (2013) .....	50
6.2	Tieto- ja viestintätekniikan osaamisen parantaminen .....	51
7	LASKENNALLISEN AJATTELUN MAHDOLLISUUDET .....	55
7.1	Laskennallisen ajattelun lähtökohta.....	55
7.2	Laskennallisen ajattelun periaatteet .....	57
	LÄHTEET .....	60

# 1 JOHDANTO INFORMAATIOTEKNOLOGIAN TUTKIMUKSEEN JA OPETUKSEEN

Digitaaliset tietomäärät vähintään satakertaistuvat vuoteen 2040 mennessä. Sähköiset markkinointimediat ja helppo ostaminen kilpailutekijöinä vahvistuvat. Globaali kilpailu kiristyy, mutta samalla globaali kysyntä tuo uusia mahdollisuuksia innovaatioille. Tuotteet ja palvelut syntyvät monimutkaisissa, globaaleissa arvoverkostoissa, joissa perinteisten toimialojen työtehtävät ovat hajautuneet maailmalle. Valtaosa fyysisistä toiminnoista hoidetaan robottien avulla, mutta ihmisen vastuulla ovat edelleen innovaatiot, moraali ja etiikka.

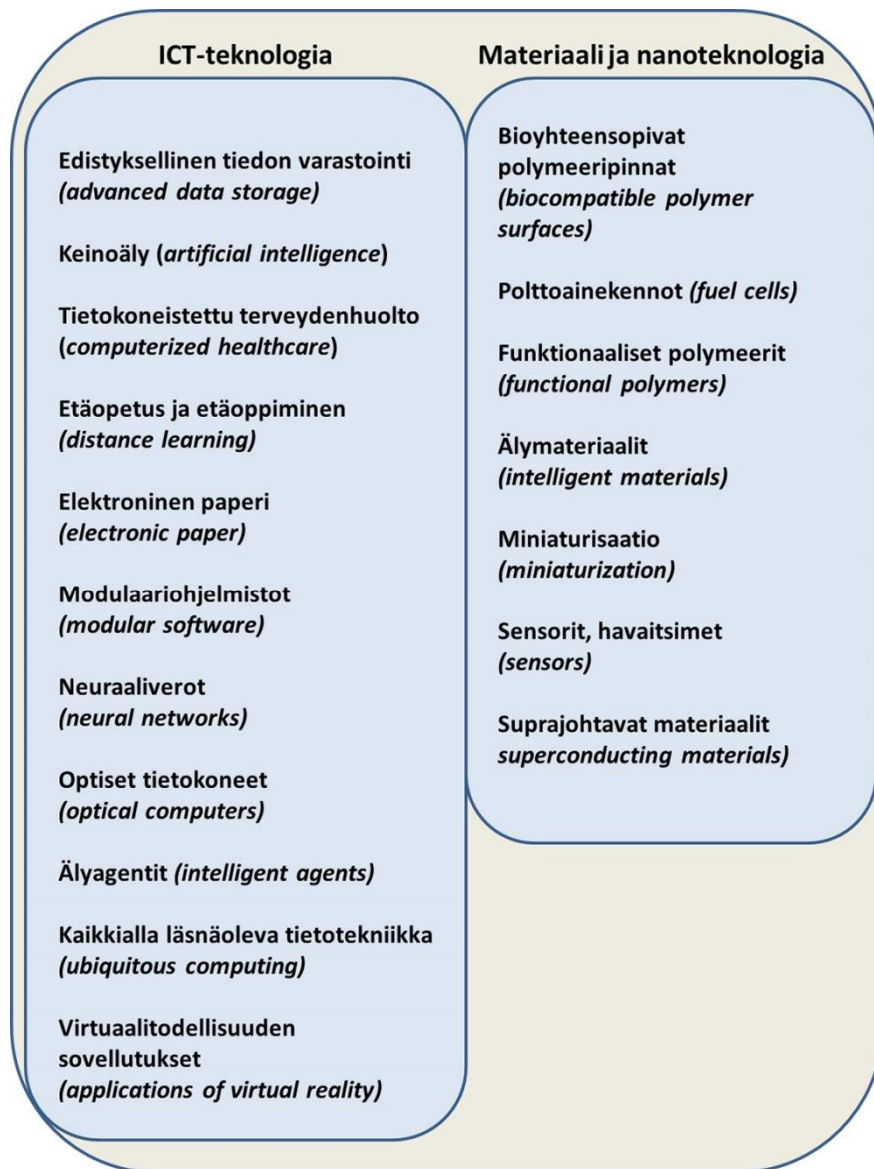
Informaatioteknologian (IT) merkitys on lisääntymässä maailmanlaajuisesti. Se koskettaa kaikkia ihmisiä ja maailmassa on enemmän tietoteknisiä laitteita kuin ihmisiä. Internet-liikenteestä on jo nyt 2/3 robottien ja hakukoneiden aikaansaamaa. Tietoa lisäättyä ja ennustetaan että 1/3 IT-alan työpaikoista liittyy tulevaisuudessa dataan ja sen monipuoliseen analysointiin. IT-ala on erityisen tärkeä paitsi omana alanaan myös muiden alojen mahdollistavana teknologiana.

## 1.1 Kansallisia havaintoja kehitystrendeistä

### 1.1.1 Osaamisen kehitystrendejä

OKM:n tutkimusraportin mukaan "Vuoteen 2015 mennessä keskeisimmät teknologiset kehityslinjat ovat informaatio- ja kommunikaatioteknologia, bioteknologia ja materiaali- ja nanoteknologia. Bioyhteiskuntaoletuksen mukaisesti informaatio- ja kommunikaatioteknologiasta tulee enenevässä määrin perustyökalu erilaisten bio- ja nanoteknologian tuotteiden tuottamiseksi. Tätä kehityslinjaa korostavat *informaatiomassojen käsittelyyn ja työstämiseen* tähtäävät informaatio- ja kommunikaatioteknologian sovellukset. Tutkimustuloksista edistyksellinen tiedon varastointi, modulaariohjelmistot ja älyagentit korostavat tätä näkökulmaa. Toisena keskeisenä kehityslinjana on *eri aloille sovellettu informaatio- ja kommunikaatioteknologia*. Tästä esimerkkinä ovat tietokoneistettu terveydenhuolto, etäopetus ja etäoppiminen, kaikkialla läsnä oleva tietotekniikka ja virtuaalitodellisuuden sovellutukset. Kehitystyö ei kuitenkaan fokusoidu pelkästään sovelluksiin muilla aloilla, vaan *informaatio- ja kommunikaatioteknologian ala kehittyy* myös itsessään."

Kuvassa 1 on esitetty tärkeimmän tulevaisuuden IT- sekä materiaali- ja nanoteknologian sovellusalueet.



KUVA 1 Tulevaisuuden keskeiset IT- sekä materiaali- ja nanoteknologia-alueet

OKM:n koulutuksen tietoyhteiskuntakehittämismuistion mukaan "Suomen koulutus ja opetus on huippuluokkaa. Tieto- ja viestintäteknikan opetuskäytön osalta tilanne ei ole aivan näin valoisa. Suomessa on investoitu voimakkaasti laitteisiin ja verkkoyhteyksiin, mutta pedagogiikka ja koulun toimintakulttuuri ei ole juurikaan muuttunut. Uusia teknologian tukemia pedagogisia mahdollisuuksia ei ole hyödynnetty siinä määrin kuin olisi ollut mahdollista."

Muistion esittämän vision 2020 mukaan "Suomalaiset koulut ja oppilaitokset ovat kansainvälisesti vertaillen edistyksellisiä tieto- ja viestintäteknikan hyödyntäjiä. Ammattitaitoinen opetus- ja muu henkilöstö sekä motivoituneet oppilaat ja opiskelijat hyödynnevät opinnoissaan ja oppimisen tukena laadukasta, ajanmukaista ja ekologisesti teho-

kasta tieto- ja viestintäteknikkaa eri ympäristöissä. Oppijan ja yhteisöjen tueksi on luotu joustavia palveluita, jotka edistävät elinikäistä oppimista.”

Kuten em. OKM:n raportti toteaa niin IT-alan koulutus (computational thinking-tyyppisenä) on tulossa yleissivistävään koulutukseen ja Suomessa siirrytään digitaaliseen kouluun. Lisäksi uudistettaessa julkisia palveluja, kuten SOTE ja sivistystoimi IT-ratkaisuilla ja prosessien mallittamisella ja optimoinnilla sekä data-analyysillä on keskeinen tuottavuutta lisäävä merkitys.

Pekka Ala-Pietilän johtama ICT 2015 -työryhmä esittää tietojenkäsittelyn syväosaamisen kehittämistä: ”Kansainvälisesti kilpailukykyisen ICT-intensiivisen tuotteen ja palvelun kehittämiseen tarvitaan laajaa osaamista. Onnistumisen kannalta on keskeistä, että yrityksellä on käytössään tietotekniikan syväosaajien ydintiimi, joka hallitsee syvällisesti tietojenkäsittelytieteen keskeiset osa-alueet. Kriittisen tärkeitä alueita ovat muun muassa algoritmisuunnittelu, diskreetit rakenteet sekä ohjelmointikielten periaatteet. Samoin tiimillä pitää olla osaamista uusimmista ohjelmistoteknologioista ja kyky soveltaa viimeisintä teknologiaa sovellusten vaatimalla tavalla. Tämä tarkoittaa muun muassa hajautettuja järjestelmiä, verkkoja, tietokantoja, tiedonlouhintaa, koneoppimista, pilvilaskentaa (cloud computing), sulautettuja järjestelmiä, tekoälyä ja kryptologiaa. Tämän vuoksi tarvitaan kansallinen ohjelma vahvistamaan osaamispuheen kehittymistä korkeakouluissa. Ohjelman tulee nopeuttaa yliopistossa ja ammattikorkeakouluissa olevan osaamisen siirtymistä yrityksiin, jotta uusien ICT-intensiivisten tuotteiden ja palvelujen kehittyminen vauhdittuu.”

Edelleen ICT 2015 -työryhmä on tunnistanut Suomen menestymisen kannalta teknologiseen osaamiseen liittyvinä kehityskohteina syvällisen tietojenkäsittelyn osaamisen kehittämisen ja kriittisten avainteknologioiden osaamiskeskittymän varmistamisen. Työryhmän mukaan ”suomalaisen korkeakoulusektorin kyky tuottaa huippuosaajia onkin eräs tärkeimmistä seikoista ICT-sektorin tulevaisuuden kannalta. Yliopistojen tulisi pystyä panostamaan korkeatasoiseen opetukseen ja tutkimukseen.”

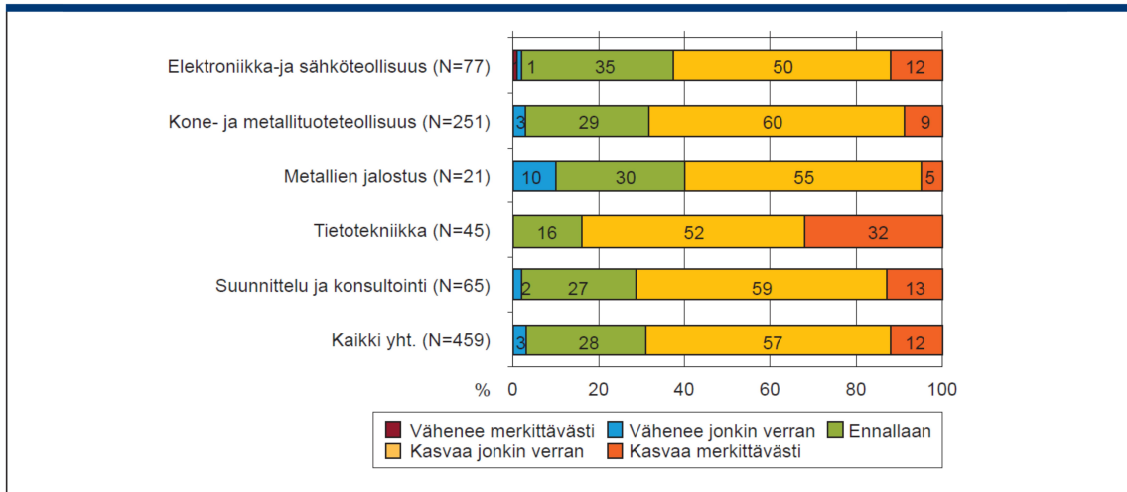
ICT 2015 - työryhmä on tunnistanut Suomen menestymisen kannalta seuraavat teknologiseen osaamiseen liittyvät kehityskohteet:

- On kehitettävä syvää tietojenkäsittelyosaamista (Computer Science)
- On varmistettava kriittinen osaamiskeskittymä avainteknologioissa, joita ovat digitaaliset palvelut ja sisällöt, pelillisuus, tietoturva, mobiliteetti ja big data
- On laitettava kuntoon tutkimuksen, soveltamisen, tuotteistamisen ja kaupallistamisen ketju.
- On huomioitava ICT yleisen koulutuspolitiikan kehittämisessä

ICT 2015 - työryhmä nimesi tärkeimmiksi tutkimus- ja koulutuskohteiksi big datan, data-analytiikan ja algoritmit, palveluinnovaatiot, liiketoimintamallit sekä IT:n taloudelliset vaikutukset. Informaatioteknologian tutkimuksen kehittämistä ja uusien painoalojen vahvistamista edellyttävät uudet tietopalvelumuodot ja digitaalisen median meillä oleva voimakas integraatio.

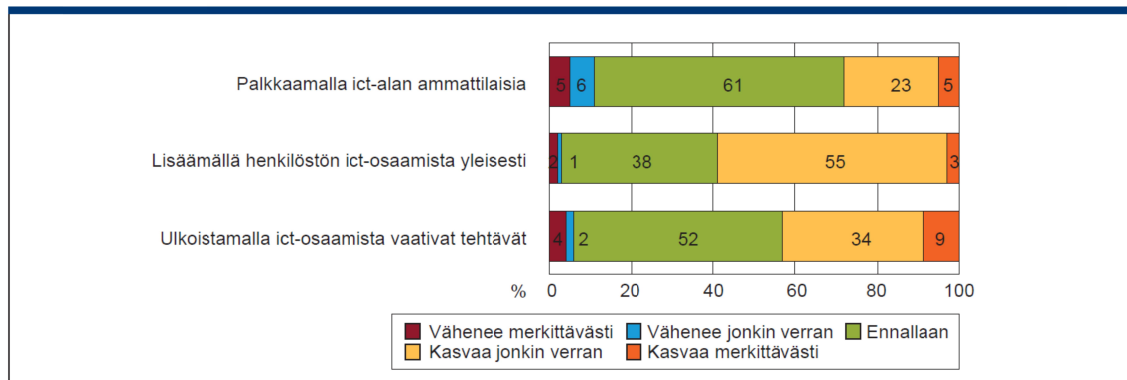


Teknologiатеollisuuden helmikuun 2014 raportin mukaan " ICT-osaamisen merkitys kasvaa lähivuosina kaikissa teknologiатеollisuuden yrityksissä toimialasta riippumatta. Tietotekniikka-alalla kasvu on luonnollisesti voimakkainta ja yleisintä. Myös enemmistö muiden toimialojen yrityksistä arvioi ICT-osaamistarpeensa kasvavan." Oheisessa kuvassa 2 on esitetty ICT-osaamistarpeen kehitys lähivuosina teknologiатеollisuuden yrityksissä toimialoittain (N=459).



KUVA 2 ICT osaamistarpeen kehitys teknologiатеollisuuden yrityksissä

Kuvassa 3 on esitetty ICT-osaamisen turvaamisen keinot lähivuosina teknologiатеollisuuden yrityksissä (osuus, %).



KUVA 3 ICT-osaamisen turvaamisen keinot teknologiатеollisuuden yrityksissä

Vuoden 2014 teknologiabarometrin mukaan "PISA-vertailu osoittaa aiempiin vuosiin nähden, että suomalaisten nuorten osaaminen on laskussa niin lukemisessa, matematiikassa kuin luonnontieteissä. Uudessa ongelmratkaisua mittaavassa osiossa suomalaisoppilaiden pistemäärä on kuitenkin OECD-maiden neljänneksi korkein ja Euroopan maiden paras. Vastaava kehityskulku toistuu Suomessa luonnontieteiden osaamista tarkasteltaessa. Kehityskulku on selkeästi laskeva vaikka Suomi on yhä eräs OECD:n kärkimaista. Merkillepantavaa on, että luonnontieteiden keskiarvo on laskenut 18 pis-

tettä vuodesta 2006, kun OECD:n keskiarvo on samalla aikavälillä noussut kolme pistettä.”

### 1.1.2 ICT-alan kehitystrendejä

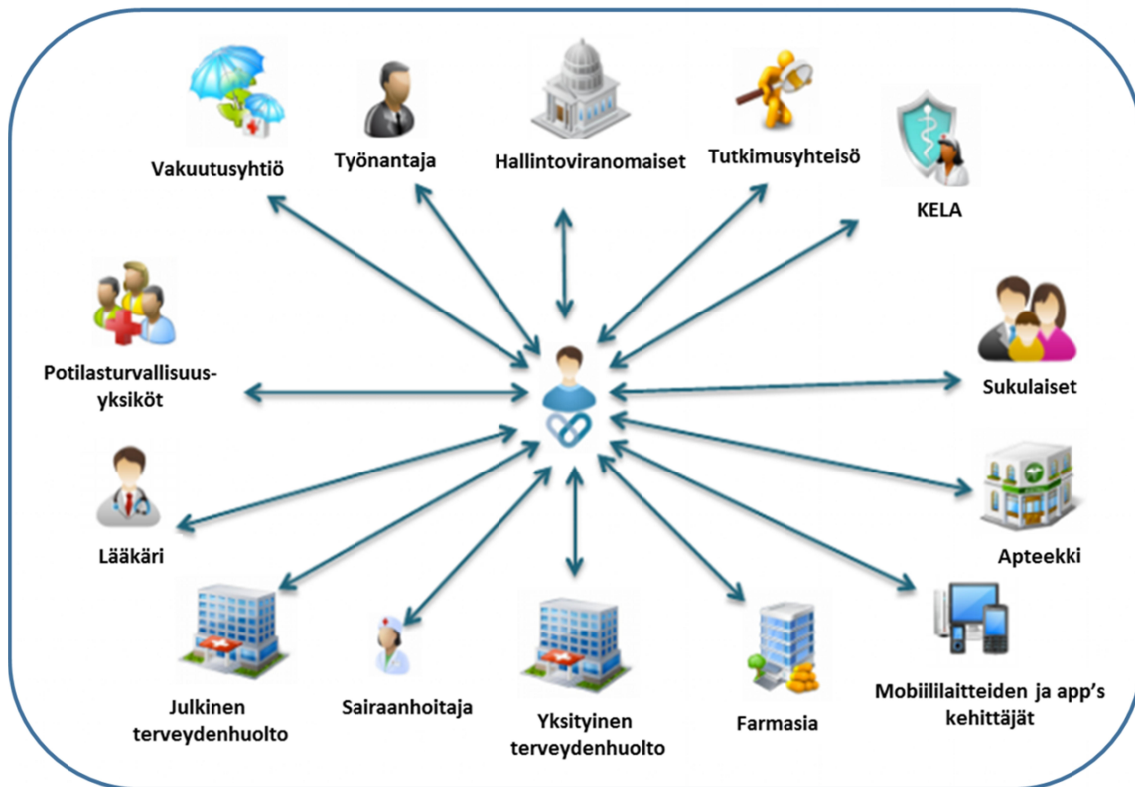
Suomi on tieto- ja viestintäteknologian hyödyntämisessä jonkin verran keskitason yläpuolella teknologiabarometrin vertailumaihin verrattuna. Kärjessä on Ruotsi ja sen jälkeen tulevat Iso-Britannia ja Korea. Suomen sijoitusta heikentävät etenkin sähköistä kaupankäyntiä kuvaavat indikaattorit. Vuonna 2012 Suomi sijoittui vertailumaiden keskitason alapuolelle, joten maamme suhteellinen asema on parantunut. Osin parannus johtuu uusista indikaattoreista, kuten esimerkiksi mobiililaajakaistojen levinneisyys, joissa Suomi menestyy hyvin. Barometri toteaa, että internetin hitaus on merkittävä este sen hyödyntämiselle. Suomessa vähintään 10 Mbits kiinteä laajakaista on vajaa 60 % mutta huippunopea vähintään 100 Mbits laajakaista on vain 10 %:lla suomalaisista, kun esimerkiksi Ruotsissa se on noin 25 %:lla kansalaisista.

ICT 2015 – työryhmän mukaan ”julkisen sektorin tietovarantojen avaamisella arvioidaan olevan suuria taloudellisia hyötyjä eri maissa. Esimerkkejä julkisen sektorin tietovarannoista ovat paikkatieto, tilastotieto, säätiedot, julkisrahoitteisissa tutkimushankkeissa tuotettu tieto ja kirjastojen digitoidut kirjat.”

”My Data”, oma tieto, on avoimen datan seuraava askel. My Data perustuu ajatukseen, että jokainen pääsee käsiksi itseään koskeviin tietoihin tavallaan omistajana. Oma data voidaan jakaa avoimen datan tavoin eri tasoille:

1. Oikeus tietää: tieto henkilökohtaisesta datasta
2. Oikeus nähdä: pääsy näkemään itseä koskevaa omaa dataa
3. Oikeus jakaa: oikeus jakaa itseäsi koskevaa dataa toiseen palveluun
4. Oikeus valvoa: mahdollisuus nähdä kuka ja miksi käsittelee omaa dataa
5. Oikeus poistaa: oikeus poistaa oma data

Sovelluskohteena on mainittu potilastietojärjestelmät. Sen sijaan, että sairaalalla on tietoa henkilöstä potilastietojärjestelmässä, henkilöllä on omia tietoja, joita sairaala saa käyttää hoidon suunnitteluun. Lisäksi henkilö voi antaa tiedot muille hänen terveyden- ja sairaanhoitoonsa osallistuville tahoille kuvan 4 mukaisesti. Sama periaate voidaan ulottaa koskemaan kouluja, pankkeja, kauppoja ja kaikkia, jotka keräävät ja käsittelevät henkilöiden tietoja.



KUVA 4 Kansalaisen terveyden- ja sairaanhoidon oma data -verkosto

## 1.2 Ulkomaisia havaintoja kehitystrendeistä

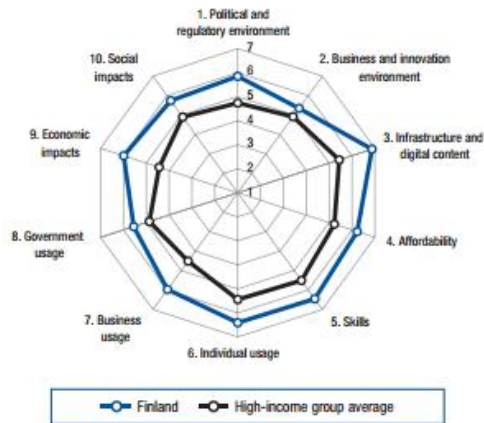
World Economic Forumin *Global Information Technology* 2013 raportin mukaan:

- Suomi, Singapore ja Ruotsi ovat johtavia internet-verkkojen käyttömaita Networked Readiness Index:llä (NRI) mitattuna;
- Saadakseen kilpailukykyensä entiselle tasolle Euroopan unionimaiden täytyy investoida merkittävästi kiinteään ja liikkuvaan televerkkoon, minkä investoinnin kustannus on arvioitu olevan 250 miljardista eurosta 320 miljardiin euroon;
- EU-maiden kyvyttömyys toteuttaa em. investointeja aiheuttaa riskin, että Eurooppa menettää johtavan asemansa tietoliikenteessä Yhdysvalloille ja Aasialle;
- Useimmat kehittyvät taloudet eivät pysty luomaan olosuhteita, joita tarvitaan poistamaan ICT:een liittyvän kilpailueron suhteessa kehittyneisiin talouksiin

Kuvassa 5 on World Economic Forumin *Global Information Technology* 2013 raportissa esitetty kuva Suomen tilanteesta NRI:n mukaisesti.

# Finland

	Rank (out of 144)	Score (1–7)
<b>Networked Readiness Index 2013</b> .....	<b>1</b>	<b>6.0</b>
Networked Readiness Index 2012 (out of 142) .....	3	5.8
<b>A. Environment subindex</b> .....	<b>3</b>	<b>5.6</b>
1st pillar: Political and regulatory environment .....	3	5.8
2nd pillar: Business and innovation environment .....	7	5.3
<b>B. Readiness subindex</b> .....	<b>1</b>	<b>6.5</b>
3rd pillar: Infrastructure and digital content .....	2	6.9
4th pillar: Affordability .....	19	6.2
5th pillar: Skills .....	1	6.5
<b>C. Usage subindex</b> .....	<b>2</b>	<b>6.0</b>
6th pillar: Individual usage.....	6	6.4
7th pillar: Business usage.....	3	6.0
8th pillar: Government usage.....	10	5.5
<b>D. Impact subindex</b> .....	<b>3</b>	<b>5.9</b>
9th pillar: Economic impacts.....	1	6.0
10th pillar: Social impacts.....	9	5.7



KUVA 5 Suomen Networked Readiness Index 2013

Useat kansainväliset tutkimuslaitokset ja ICT-alan toimijat (esim. McKinsey, Gartner, Fujitsu, Marketvision) ovat laatineet raportteja tulevaisuuden ICT-trendeistä.

## 1. Pilvipalvelut

Pilvipalvelut tulevat lisääntymään laajentumaan sekä julkishallinnossa, yrityksissä että kansalaisten keskuudessa. Erilaiset älykkäät ratkaisut ja applikaatiot sekä ympäristötekijät lisäävät pilvipalveluiden käyttöä. Pilvipalveluiden käytön lisääntyminen lisää huippuopean laajakaistan käytön tarvetta.

## 2. Big Data

Suurien datamassojen määrä, laatu ja nopeus kasvavat. Kasvua syntyy niin teollisuudessa, sensoreiden tuottamana (mm. ilmastohavainnot, hiukkaskiihdyttimet), sosiaalisessa mediassa kuin liiketoiminnassa (mm. pankit, tukkukauppa, vähittäiskauppa). Kasvu tuo mukanaan uusia tarpeita siirtää, varastoida, käsitellä ja analysoida dataa. Big Data tulee olemaan tulevaisuudessa yritysten ja organisaatioiden strateginen resurssi. Metadatan keräämisestä, käsittelystä ja analysoinnista kehittyä uusia liiketoimintamalleja.

## 3. Tehokkaat datakeskukset

Datan lisääntyminen ja uudet palvelumuodot (pilvipalvelut erityisesti) lisäävät tarvetta energiatehokkaille datakeskuksille. Erilaiset ympäristölliset ratkaisut ovat keskeisessä roolissa datakeskuksia kehitettäessä.

## 4. Älykäs kaupunki

Erilaiset älykonseptit lisääntyvät, kuten älyverkot, älykäs maatalous, älykäs liikenne, älykkäät energiaratkaisut ja älykkäät kaupunki- ja asumisratkaisut lisääntyvät ja laajenevat. Älyratkaisut luovat uusia korkean teknologian ICT-alusta- ja -palveluratkaisuja.

## 5. Internet of Things (IoT) M2M-ratkaisut

Koneiden väliset ratkaisut ovat laaja konsepti erilaisia laitteita ja kommunikaatiotapoja, joilla erilaiset laitteet kommunikoivat ilman ihmisen aktiivista väliintuloa. M2M-ratkaisut lisääntyvät erilaisten älyratkaisuiden rinnalla. Verkkoihin kytkettävien laitteiden määrä ja variaatiot kasvavat. Perinteisten päätelaitteiden rinnalle verkkoihin liitetään mm. jääkaappeja, autoja ja suuri määrä erilaisia sensoreita ja antureita, jotka keräävät ja välittävät tietoa eri kohteista. Älykkäät ratkaisut lisäävät näiden sensoreiden määrää. IoT-markkinan arvo vuonna 2020 on Suomessa noin 1,4 miljardia euroa uutta liiketoimintaa ja suurin kasvu syntyy analytiikasta, sovelluksista ja palveluista.

## 6. Digitaaliset verkkopalvelut ja liiketoimintamallien muutos

Yhä laajemmin on organisaatioiden ja kansalaisten käytettävissä erilaisia digitaalisia verkkopalveluita. Verkostoituminen, mobiiliteknologia ja kuluttajatiedon kerääminen ja analytiikka muuttavat vähittäiskaupan liiketoimintamalleja ratkaisevasti. Erityisesti internet-ostaminen tulee lisääntymään. Liiketoiminnassa tämä tulee vaikuttamaan kauppaketjujen liikeverkostoon ja tapaan palvella asiakkaita. Erilaiset maksutavat tulevat myös kehittymään.

## 7. Automaatio ja robotiikka

Työ tulee lisääntyvästi automatisoitumaan ja erilaiset älykkäät robotit valtaavat alaa. Aikaisemmin roboteilla on korvattu raskasta ja yksinkertaista liukuhihnatyötä, nyt älykkäät robotit tulevat toimimaan sekä yksinään että ihmisen kanssa yhdessä korkeaa osaamista ja älykkyyttä vaativissa tehtävissä.

## 8. Virtuaalisuuden kasvu

Fyysinen ja virtuaalinen maailma ovat jo useiden vuosien ajan limittyneet. Kansalaiset kommunikoivat, ostavat ja viihtyvät digitaalisessa virtuaalimaailmassa. Erilaiset virtuaalimaailman palvelut erityisesti viihtymisen ja pelaamisen alueella tulevat lisääntymään.

## 9. Julkisten palveluiden muutos

Digitalisaatio muuttaa voimakkaasti julkista hallintoa, sosiaali- ja terveydenhuoltoa sekä koulutusta, mitkä yhdessä edustavat kolmasosaa globaalista BKT:sta. Julkisten kustannusten supistaminen ja palveluiden tehostaminen edellyttävät uusia toimintatapoja julkisiin palveluihin. Kehitys luo uusia alusta- ja verkkoratkaisuita, digitaalisia palveluita ja data-analytiikkaa.

## 10. ICT-ekosysteemin integroituminen

Samalla kun kansalaisten sosiaalinen verkostoituminen kasvaa ja vahvistuu, niin ICT-markkinoilla integroidutaan yhä vahvemmin. Integroitumista vahvistavat paineet kustannusten alentamiseen, palveluiden ja laitteiden yksinkertaistamiseen ja kyberturvallisuuden lisäämiseen. Laitteiden, ohjelmistojen, päätelaitteiden, palveluiden ja applikaatioiden tuottajien on toimittavat yhä tiiviimmässä yhteistyössä, jotta kuluttajille voidaan tuottaa tarvittavia ja haluttavia tuotteita ja palveluita.

## 2 TIETO- JA PALVELUYHTEISKUNNAN KEHITTYMINEN

Yhteiskunta on kehittymässä tietoon perustuvaksi palveluyhteiskunnaksi, jossa yhä laajemmin kansalaisille tuotetaan sekä julkisia että kaupallisia digitaalisia palveluita. Digitaaliset ratkaisut ja palvelut avaavat tavan parantaa ja kehittää fyysisten tuotteiden ominaisuuksia, niihin liittyviä palveluita tai vaikka tehostaa erilaisia toimintoja. Uusi palvelu voidaan avata yön yli sadoille miljoonille asiakkaille pilvilaskennan avulla, mikä luo uusia mahdollisuuksia palveluntarjonnalle. Tietovarannoissa tapahtuva voimakas kehitys tuottaa kiihtyvästi lisää raaka-ainetta = dataa digitaalisille palveluille, jotka tarvitsevat tehokasta ja turvallista data-analyysiä.

Sähköisten viestintäverkkojen ja digitaalisten palveluiden merkitys yhteiskunnan toimivuudelle on keskeinen. Yleisten muutostrendien lisäksi toimintaympäristöä muokkaavat vahvasti teknologisen kehityksen ja internetin hyödyntämisen ohella yhä laajentuvan toimialan globaali luonne, muuttuvat käyttötottumukset sekä toiminnan luotettavuuteen ja turvallisuuteen liittyvät haasteet. (TAE 2014)

Digitaalisen yhteiskunnan toiminta perustuu merkittävässä määrin erilaisten sähköisten tieto- ja viestintäverkkojen hyödyntämiseen ja niiden mahdollistamien digitaalisten palveluiden ja sisältöjen käyttöön. Internetin yli tapahtuvat toiminnot ja välitettävät palvelut yleistyvät hyvin nopeasti ja näistä hyvänä esimerkkinä ovat nopeasti kehittyvät ja laajentuvat pilvipalvelut. Suomen talouskehityksen, kasvun ja kilpailukyvyn kannalta on keskeistä pystyä muuttamaan vahva viestintäinfrastruktuuri- ja palveluosaa- minen vahvuudeksi digitaalisen kehityksen laajassa hyväksikäytössä. (TAE 2014 LVM)

Lähivuosina viestintäpolitiikalla haetaan välineitä toimivaan ja turvalliseen yhteiskuntaan sekä tehoa yritysten ja julkisen sektorin toimintaan. Kasvavassa määrin huomio kohdistuu tieto- ja viestintäteknologian ja digitaalisten palveluiden kasvupotentiaalin hyödyntämiseen työllisyyden ja taloudellisen kasvun edistämiseksi. Viestintäpolitiikan tavoitteena on myös huolehtia siitä, että viestinnän peruspalvelut ovat kaikkien saatavilla laadukkaina ja kohtuuhintaisina. Myös viestintäverkkojen luotettavuus, häiriöttömyys ja turvallisuus on varmistettava kaikissa oloissa ja kyberuhkien torjuntaan on varauduttu riittävästi. (TAE 2014 LVM)

Digitaalisen teknologian murrosvaiheessa on tärkeätä pystyä ennakoimaan tulevaa ja mahdollistamaan kehityksen mukanaan tuomaa potentiaalia kasvun ja hyvinvoinnin lisäämisessä sekä parantamaan tätä kautta yhteiskunnan toimivuutta. Tavoitteena on, että erilaisilla sähköisten palveluiden käyttöä edistävillä hankkeilla, julkisten tietovarantojen avaamisella ja laajalla yhteistyöllä saadaan aikaan toimintatapojen muutos, jolla vastataan yhteiskunnan rakenteellisiin muutoksiin ja vahvistetaan Suomen hyvin-

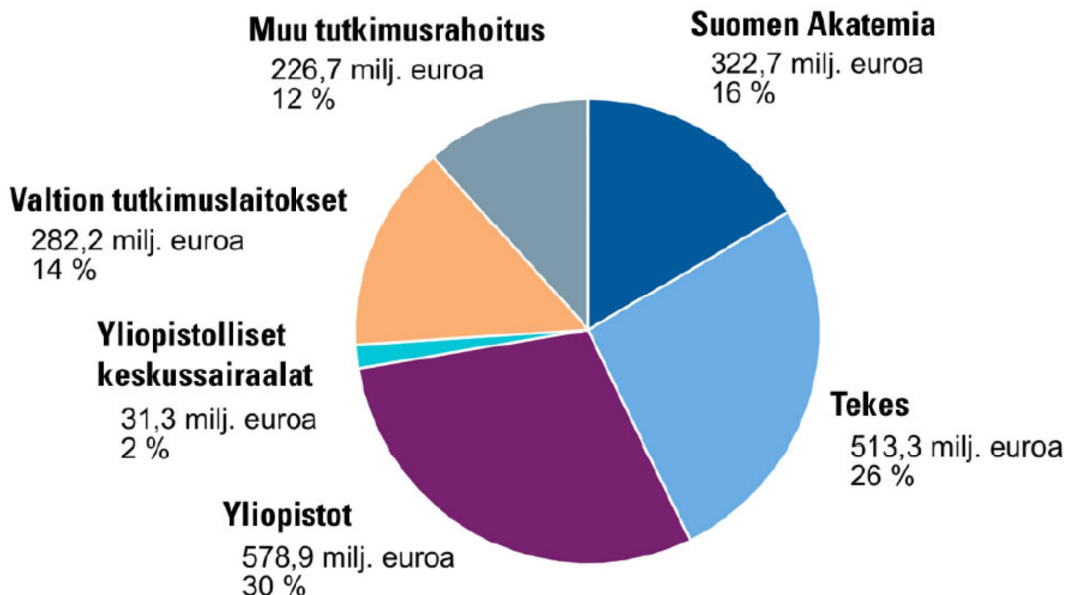
vointia ja taloudellista kasvua. Liikenne- ja viestintäministeriö asettaa *viestinnän toimialalle* seuraavat yhteiskunnallisen vaikuttavuuden tavoitteet:

- Monipuolisia, korkealaatuisia ja kohtuuhintaisia viestintä- ja tietoyhteiskunta-palveluita on saatavilla koko maassa.
- Viestinnän ja tietoyhteiskunnan peruspalvelut ja niiden turvallisuus on varmistettu.
- Tieto- ja viestintäteknologiaa ja digitaalisia palveluita käytetään täysimääräisesti yhteiskunnan toimivuuden, kansalaisten hyvinvoinnin ja yritysten kilpailukyvyn edistämiseksi.

Digitalisointi tehostaa palvelujen tuotantoa. Palveluntuotannossa käytetään yhä enemmän yhteisöllistä internet- ja sisältöosaamista ja tiedon tuotantoa. Näin palvelut voidaan suunnitella ja toteuttaa joustavasti ihmisten tarpeista lähtien. Monet yhteiskunnan toiminnot automatisoivat, mikä muuttaa yhteiskunnan toimintatapoja ja dynamiikkaa.

ICT 2015 -työryhmän mukaan "noustakseen digitaalisten palveluiden ja sisältöjen vienniksi Suomen on kehitettävä osaamista tutkimuksen sekä käytännön tekemisen kautta."

Kuvassa 6 on esitetty valtion tutkimusrahoitus vuonna 2014.



KUVA 6 Valtion tutkimusrahoitus 2014

Marketvisionin vuoden 2014 tutkimuksen mukaan parhaillaan on käynnissä kolmas teollinen vallankumous - digitalisoitumisen aikakausi. Digitalisoituminen tarkoittaa liiketoiminnan siirtymistä tai laajentumista sähköisiin kanaviin, sisältöihin ja transaktioihin. Kyse ei ole taustaprosessien uudistamisesta, vaan täysin uudesta tavasta tehdä

yritysten keskeistä liiketoimintaa. Digitalisoituminen muuttaa yritysten tapaa toimia, kohdata asiakkaitaan, kehittää uusia tuotteita ja palveluita sekä luoda uutta liiketoimintaa. Tutkimuksen havaintojen mukaan:

- Asioiden ja esineiden verkottuminen eli Internet of Things (IoT) luo merkittävän uuden markkinan, jonka arvo vuonna 2020 on Suomessa noin 1,4 miljardia euroa uutta liiketoimintaa.
- Internet of Things -markkinan suurin kasvu syntyy analytiikasta, sovelluksista ja palveluista.
- Internet of Things tuo yrityksille uusia liiketoimintamahdollisuuksia, sekä muuttaa myös liiketoimintamalleja ja ansaintalogiikoita.
- Valtavasta potentiaalista huolimatta noin 70 % suomalaisista organisaatioista suhtautuu tällä hetkellä passiivisesti asioiden ja esineiden verkottumiseen sekä siihen kiinteästi liittyvään teolliseen internetiin.

Digitaalinen talous muuttaa myös julkisia palveluita. Tähän asti uutta teknologiaa on tuotu vanhoihin organisaatioihin vanhojen toimintatapojen päälle. Digitaalisuus ja globaalius määrittelevät myös kansalaisuuden ja kulutuskäyttäytymisen uudelleen, jolloin digitaalisen uuden ajattelun täytyy ulottua kaikille toimialoille, kaikkiin organisaatioihin, ajattelutapoihin, yhteiskunnan rakenteisiin ja instituutioihin.

Tehdyn selvityksen mukaan digiasiointi säästäisi kunnilta miljardi euroa. Elisa on selvittänyt uusien teknologisten asiointiratkaisujen tuottavuushyödyt Turussa, Vantaalla, Joensuussa ja Kuusamossa. Asiointi videoyhteyden avulla ja itsepalveluna verkossa, tekstiviestijanvaraus ja chatin käyttö asiakaspalvelussa tuovat tehokkuutta sekä parempaa asiakaskokemusta palveluprosesseihin. Sama tutkimus kertoo, että kuntien tarjoamat palvelut voidaan tarjota jo olemassa olevilla teknologioilla ja kotitalouksissa olevilla laitteilla, kuten kannettavalla tietokoneella, älypuhelimella ja tabletilla kuntalaiselle suoraan kotiin. Lähes miljardin säästöpotentiaaliin päästään suhteuttamalla tulokset koko maahan. Laskennallinen arvio hyötypotentiaalista sadassa suurimmassa kunnassa on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1 Digitalisaation hyötypotentiaali 100 suurimmassa kunnassa

Asukkaiden lukumäärä	Kuntia Suomessa	Hyötypotentiaali yhdessä kunnassa, milj. euroa	Hyötypotentiaali kokonaisuudessaan, milj. euroa
Yli 100 000	10 kpl	30	n. 300
Yli 50 000	10 kpl	20	n. 200
Yli 25 000	20 kpl	10	n. 200
Yli 15 000	40 kpl	5	n. 200
Yli 10 000	20 kpl	2,5	n. 50
Yhteensä	100 kpl		n. 950

Valtiovarainministeriö tukee laadukkaiden, taloudellisesti ja tehokkaasti toimivien julkisten palvelujen kehittämistä. Tavoitteena ovat asiakaslähtöiset julkiset palvelut,



mikä tapahtuu tehostamalla yhteispalvelua, edistämällä laadunarvioinnin menetelmien käyttöönottoa julkisen sektorin organisaatioissa, edesauttamalla vertailukehittämistä niin kansallisella kuin kansainväliselläkin tasolla sekä seuraamalla palvelujen saatavuuden ja laadun kehittymistä erilaisten arviointimenetelmien avulla. Tämä kehitys luo uuden tarpeen turvallisten julkisten palveluiden tutkimukselle.

## 2.1 Huippunopea laajakaistaohjelma

Suomi on sitoutunut EU:n laajakaistatavoitteisiin. EU:n digitaalisessa agendassa on asetettu tavoitteeksi, että kaikkien saatavilla tulee olla vuoteen 2020 mennessä vähintään 30 Mbit/s -nopeuksinen laajakaistaliittymä. Lisäksi samaan aikaan vähintään puolella väestöstä tulisi olla käytössä vähintään 100 Mbit/s laajakaistaliittymä.

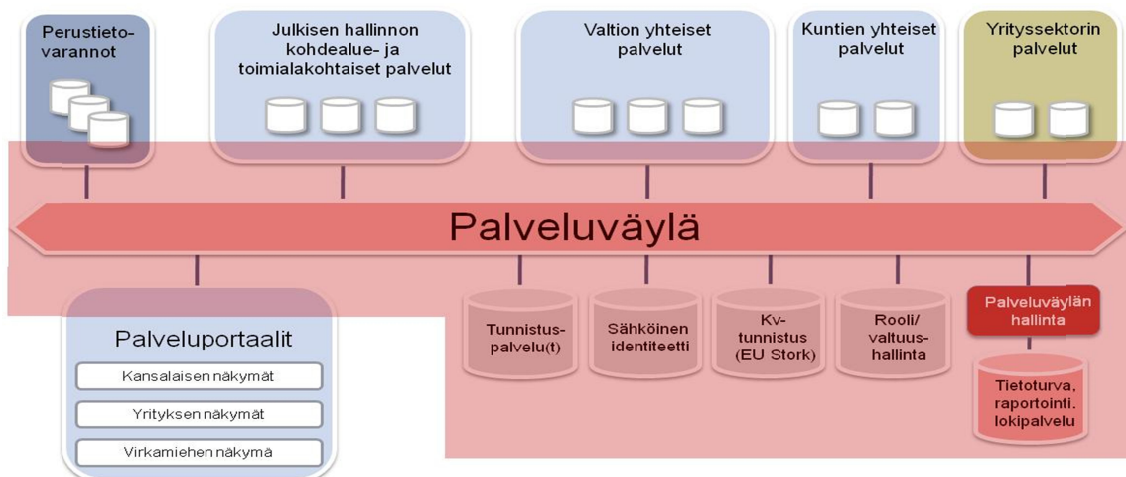
Vuoden 2011 hallitusohjelman mukaan hallituskaudella edistetään huippunopean laajakaistan tarjontaa ja käyttöä, jotta Suomi nousee Euroopan johtavaksi laajakaistamaaksi. Toimenpideohjelmalla pyritään edistämään tasapuolisesti sekä kiinteitä että langattomia yhteyksiä niin, että uusia digitaalisia palveluja voitaisiin tarjota ja hyödyntää nykyistä laajamittaisemmin. Toimenpideohjelma keskittyy erityisesti pientaloalueisiin, jotka jäävät tällä hetkellä huippunopeiden yhteyksien runsaan kaupallisen tarjonnan ja julkisesti tuettujen laajakaistahankkeiden ulkopuolelle.

## 2.2 Kansallinen palveluväylä

Kansallinen palveluväylä on hanke, jonka tarkoituksena on luoda pohja älykkäille ja uudenlaisille palveluille. Palveluväylän lisäksi kehitetään kansallinen sähköisen tunnistamisen malli, joka mahdollistaa uudet helppokäyttöiset sähköiset tunnistamisvälineet julkisissa palveluissa. Palveluväylä on tiedonvälityskonsepti, jossa eri toimintaympäristöjen palveluiden tarvitsema tieto on saatavilla avoimien rajapintojen yli kaikille tietoa tarvitseville palveluille. Kukin palveluväylään liitetty järjestelmä hallitsee omia tietojansa sekä vastaa siitä, että muiden tarvitsemat tiedot ovat saatavissa välitysalustan kautta ottaen huomioon tietojen käyttöön liittyvät mahdolliset rajoitukset.

Kansallisen palveluväylän tarkoituksena on mahdollistaa nykyistä paremmin asiakaspalveluiden ja palveluprosessien kehittäminen palveluissa tarvittavan tiedonvaihdon ja yleispalvelut mahdollistavan ratkaisukokonaisuuden avulla. Kansallinen palveluväylän määrittämät ja määräämät rajapinnat sekä väylään oleellisesti kuuluvat infrastruktuuri- ja yleispalvelut mahdollistavat uusien tietolähteiden avaamisen palvelujen käytettäväksi yhdenmukaisilla tavoilla sekä uusien palvelujen helpomman luonnin mahdollistamalla eri tietolähteille yhteneväiset rajapinnat.

Kuvassa 7 on esitetty palveluväylän periaatekuva.



KUVA 7 Palveluväylä on tiedonvälityskonsepti

## 2.3 TORI-hanke

1.3.2014 toimintansa aloittanut Valtion tieto- ja viestintätekniikkakeskus Valtori tuottaa valtionhallinnon toimialariippumattomat ICT-palvelut. Valtion toimialariippumattomilla ICT-palveluilla tarkoitetaan palveluita, joiden tuottaminen tai järjestäminen ei vaadi merkittävää toimialakohtaista osaamista ja jotka perustuvat yleisesti käytettyihin laite- ja ohjelmistoratkaisuihin ja -teknologioihin. Valtorin palvelukartta on esitetty kuvassa 8. Valtorin tuottamia palveluita ovat:

### Päätelaite- ja käyttäjätukipalvelut

Valtori hankkii ja tuottaa valtionhallinnon työntekijöiden tarvitsemat päätelaitteet ja niissä käytettävät ohjelmistot sekä päätelaitteisiin liittyvät muut palvelut.

### Viestintätekniset palvelut

Valtori tuottaa valtionhallinnon työntekijöiden viestintätekniset työvälineet, kuten sähköpostin, verkko- ja videokokouspalvelut, ryhmätyötilat dokumenttien jakamiseen ja työstämiseen, pikaviestintyökalut, puhelinratkaisut sekä verkkojulkaisualustat.

### Tietoliikennepalvelut

Valtori tuottaa valtionhallinnon organisaatioille tietoliikennepalvelut, kuten runkoverkkopalveluista, lähiverkkopalveluista, etäyhteyspalveluista, tietoturvapalveluista.

### Käyttöpalvelut

Valtori tuottaa valtionhallinnon organisaatioille käyttöpalvelut järjestelmien koko elinkaaren tarpeisiin (esim. testi-, kehittämis-, koekäyttö- tuotanto-, koulutus- ja raportointiympäristöt).

### Projekti- ja asiantuntijapalvelut

Valtori tuottaa projekti- ja asiantuntijapalveluita, kuten toimialariippumattoman ICT-arkkitehtuurin laatiminen ja ICT-verkkokoulutuspalvelujen tuottaminen.

### Muut palvelut

Valtori tuottaa myös seuraavia sähköistä asiointia tukevia palveluja koko julkiselle hallinnolle, kuten Kansalaisen asiointitili, Kansalaisen tunnistus- ja maksamispalvelu Vetus sekä Lomake.fi-alusta sähköisten lomakkeiden tekoon.



KUVA 8 Valtorin tuottamat TORI-palvelut

Tavoitteena on, että valtion toimialariippumattomat ICT-palvelut ovat kilpailukykyisiä, laadukkaita, ekologisia, tietoturvallisia ja asiakastarpeet täyttäviä. Palveluiden saataavuus edellyttävät kiinteän laajakaistan rakentamista, jotta käytön luotettavuus voidaan taata.

## 2.4 SADe-hanke

Sähköisen asiointin ja demokratian vauhdittamishojelman (SADe-ohjelma) tavoitteena on edistää kansalaisten ja yritysten sähköistä asiointia keskeisissä palveluissa. Palveluille luodaan yhtenäisesti asiakasrajapinnat eri tahojen tuottamiin julkisiin palveluihin.

Tavoitteena on myös koko julkisen hallinnon (valtio, kunnat, Kela ja muu välillinen julkinen hallinto) tietojärjestelmien yhteentoimivuuden ja lainsäädännön kehittäminen.

SADe-ohjelma kuuluu hallituksen kärkihankkeisiin. Se kytkeytyy merkittäviin valtion- ja kunnallishallinnon kehittämistoimiin, kuten vaikuttavuus- ja tuloksellisuusohjelmaan, kuntien tuottavuus- ja tuloksellisuusohjelmaan, asiakkuusstrategiahankkeeseen ja julkisen asiakaspalvelun kehittämishankkeeseen.

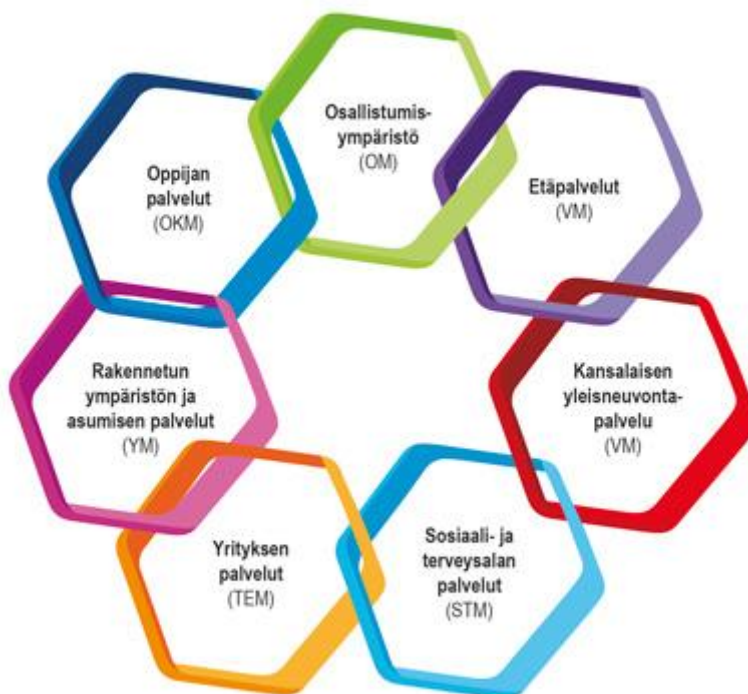
SADe-ohjelman hankkeet:

- [Osallistumisympäristö](#)
- [Oppijan verkkopalvelut](#)
- [Rakennettu ympäristö ja asuminen](#)
- [Yrityksen palvelukokonaisuus](#)
- [Sosiaali- ja terveysalan palvelukokonaisuus](#)

Erillishankkeina osana ohjelmaa toteutetaan:

- [Kansalaisten yleisneuvontapalvelu](#)
- [Etäpalvelu](#)

Kuvassa 9 on esitetty SADe-ohjelman hankekartta.



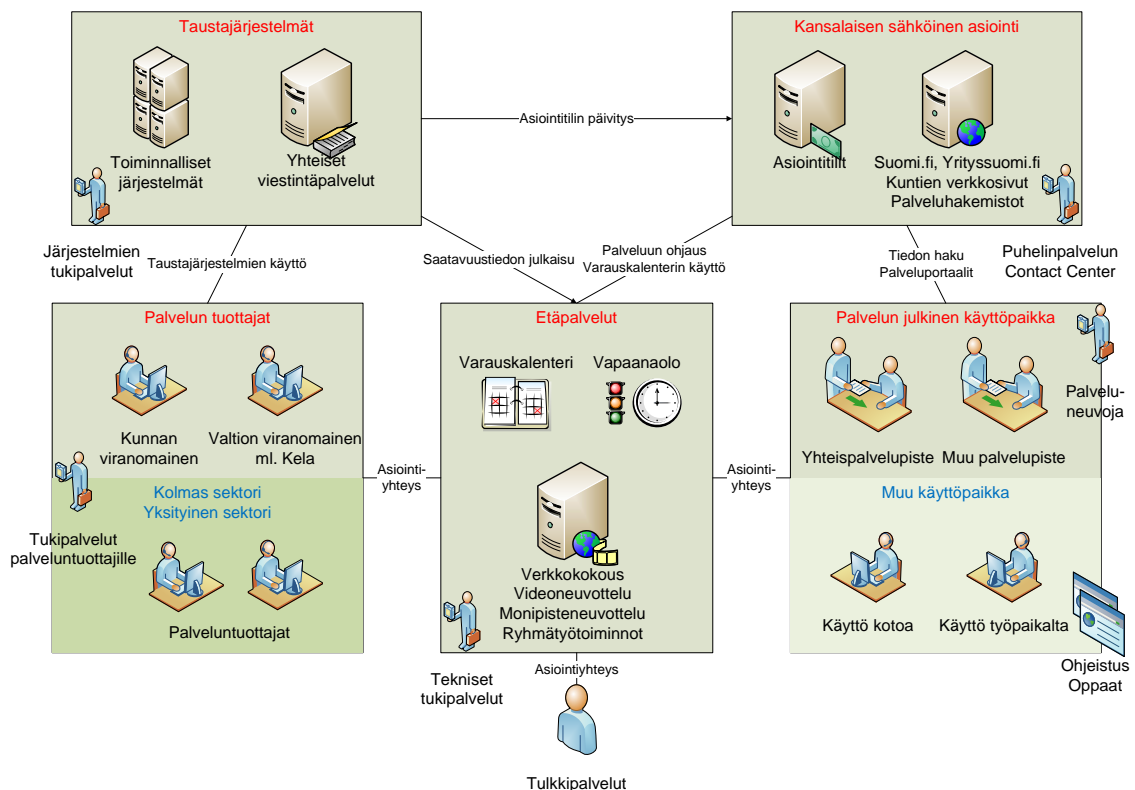
KUVA 9 SADe-ohjelman hankkeet

## 2.4.1 Etäpalveluhanke

Etäpalveluhankkeen taustalla on ollut ajatus uudenlaisesta tehokkaasta julkishallinnon palvelurakenteesta ja sen toteuttamismalleista. Vuonna 2009 alkoi pilottihanke Etelä-Pohjanmaan ja Keski-Suomen maakunnissa. Etäpalveluiden kehittämisen seuraava SA-De-vaihe käynnistyi vuoden 2011 alussa ja hankkeelle asetettiin tavoitteiksi:

- Mahdollistaa kansalaisille ja yrityksille uusi paikkariippumaton, asiakaslähtöinen ja kustannustehokas asiointikanava julkiseen hallintoon (sisältäen kunnat, valtio, Kela ja muu välillinen valtionhallinto)
- Käyttäjinä kansalaiset, yritykset, yhteisöt, viranomaiset, palvelupisteet ja kolmas sektori
- Toteutus julkisen hallinnon arkkitehtuurilinjausten ja avoimen palveluarkkitehtuurin mukaisesti
- Tavoitteena viranomaisten, kuntien, koti- ja yrityskäytön etäpalveluratkaisujen yhteentoimivuus
- Etäpalveluiden hyödyntäminen SA-De-ohjelman palvelukokonaisuuksissa ja linkitys tukipalvelujen kehittämiseen

Kuvassa 10 on esitetty etäpalveluiden käyttäjä- ja palvelutasot



KUVA 10 Etäpalveluiden käyttäjä- ja palvelutasot

Tällä hetkellä käynnissä on etäpalvelussa annettavan palveluvalikoiman laajentaminen, mikä osaltaan laajentaa etäpalvelua. Asiakaspalvelu2014 -hankkeessa on määritelty, mitä palveluja kukin toimija tarjoaa lakisääteisissä julkisen hallinnon yhteisissä asiakas-

palvelupisteissä etäpalveluna. Tämä valikoima on lähes kaikilta osiltaan laajempi kuin yhteispalvelupisteissä on tällä hetkellä tarjolla. Lähiajan tavoitteena on, että palveluvalikoimat laajennetaan em. määritelmien mukaisiksi. Kun Asiakaspalvelu2014 -hankkeen mukaisia lakisääteisiä julkisen hallinnon yhteisiä asiakaspalvelupisteitä aletaan perustaa, tulee niihin jokaiseen etäpalvelu ja sen välityksellä tarjottavat palvelut olennaisena osana. Tätä kautta palvelupisteissä tarjottava etäpalvelu laajenee koko maan kattavaksi. Yhteinen asiakaspalvelupisteverkko on suunnitelmien mukaan valmis vuoden 2019 lopussa. [24]

Etäpalveluhankkeen kokemukset osoittavat, että alueellisella tasolla tarvitaan huipunopeaa kiinteää laajakajaista videoasiointiin viranomaisten kanssa. Kiinteä laajakajaista tarvitaan, jotta viranomaispalvelut voivat olla turvallisesti ja tehokkaasti käytettävissä suoraan kotoa tai yritysten toimitiloista ilman matkustus- ja jonotustarvetta viranomaisen toimipisteeseen.

## 2.5 TUVE-hanke

Hallinnon turvallisuusverkkohankkeessa (TUVE) suunnitellaan ja toteutetaan valtion ylimmälle johdolle ja yli 30 000 turvallisuusviranomaiskäyttäjälle oma korkean varautumisen tietoverkko tarvittavine palveluineen. Verkon käyttäjiksi tulevat valtion ylimmän johdon ja ministeriöiden lisäksi valtion yleisen järjestyksen ja turvallisuuden, pelastustoiminnan, meripelastustoiminnan, rajaturvallisuuden, hätäkeskustoiminnan, maahanmuuton, ensihoitopalvelun sekä maanpuolustuksen kannalta keskeiset viranomaiset.

Tavoitteena on nostaa merkittävästi tietoliikenneverkon suojatasoa ja käytettävyyttä. Keskeistä ratkaisussa on, että yhteiskunnan turvallisuuden kannalta kriittinen tietoaineisto varastoidaan ja hallinnoidaan Suomessa. Verkon perustana on Puolustusvoimien suojattu tieto- ja viestintäverkko, jota laajennetaan, modernisoidaan ja joka saatetaan muidenkin turvallisuusviranomaisten käyttöön. Viranomaiskäyttäjille luodaan yhteiset perus-, verkko- ja infrastruktuuripalvelut sekä viestintä-, laadunmittaus-, päätelaite- ja tiedonhallintapalvelut, yhtenäiset päätelaitteet ja sovellukset sekä tulevaisuudessa tietojärjestelmät ja uudet sovellukset.

Turvallisuusverkolla parannetaan valtionjohdon päätöksentekokykyä, tilannekuvan muodostamista sekä viranomaisten välistä työskentelyä ja yhteydenpitoa kaikissa turvallisuustilanteissa. Verkko tulee viranomaisten päivittäiseen käyttöön ja se toimii luotettavasti myös esimerkiksi luonnonilmiöiden, sähkökatkosten tai tietoverkkohyökkäysten sattuessa.

## 2.6 SOTE-palvelut

Suomen väestörakenteen muutos edellyttää uusien kustannusvaikuttavien kehittämis-toimenpiteiden sekä uudenlaisten palveluinnovaatioiden kehittämistä. Sosiaali- ja terveydenhuollon osalta huippunopeat kiinteät laajakaistayhteyden mahdollistavat entistä kattavimpien terveyspalveluiden tarjoamisen ihmisten koteihin. Tällä on merkitystä vanhusten hoivapalveluiden tuottamiseen, etälääkäripalveluihin, Kanta-palveluiden käyttöön sekä tietokanta- ja verkkopalveluiden käyttöön kotona. Palveluita, jotka edellyttävät kiinteää laajakaistaa ovat mm:

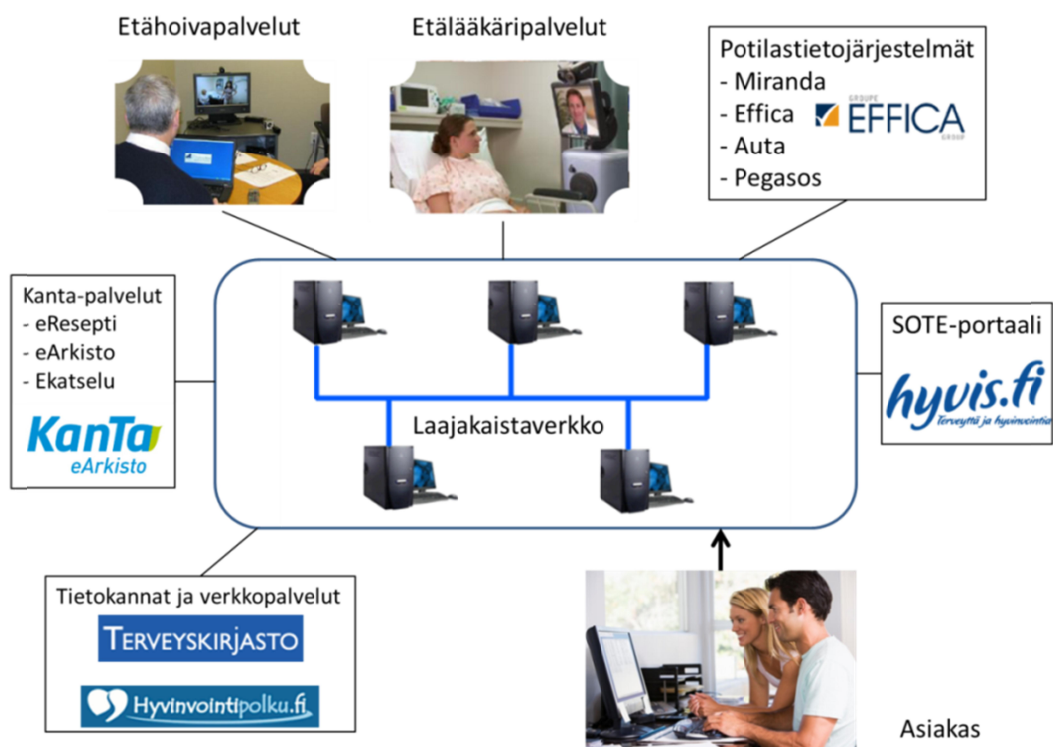
Etähoivapalvelut: Videoneuvottelupohjainen, erityisesti vanhusten terveyttä tukeva palvelu, jossa yksi sairaanhoitaja voi pitää yhteyttä jopa 20–30 vanhukseen vähintään viikoittain.

Etälääkäri: Lääkärikäynnit toteutetaan ensisijaisesti videon välityksellä. Tämä mahdollistaa myös nopeaa resurssien tasapainottamista terveyskeskusten välillä jopa eri paikkakuntien välillä

Etäkirurgia: Etäoperointi mahdollistaa esimerkiksi erikoislääkäreiden hyödyntämisen tilanteissa, jossa vastaavaa osaamista ei ole paikallisesti saatavilla, mikä parantaa potilaiden hoidon laatua ja paranemisen mahdollisuuksia.

Jatkuva terveydentilan seuranta: Jatkuva terveydentilan seuraaminen antureiden, kameroiden ja muiden teknisten välineiden avulla helpottaa esimerkiksi sairaiden terveydentilan seuranta ja mahdollistaa uudentyyppiset palvelut myös terveille henkilöille.

Kuvassa 11 on esitetty malli kansalaisen SOTE-palveluverkosta.



KUVA 11 Kansalaisten SOTE-palveluverkko

Itä-Suomen yliopistossa tehdyssä uuden sukupolven terveyskeskusta koskevassa kehitystyössä on päädytty tavoitteeseen jonka mukaan 80 % potilaista voidaan diagnostioida automaattisen päätöksenteon tuen avulla perustuen etupainotteiseen palvelutarpeen arviointiin, henkilökohtaiseen profilliin ja kotona selviytymistä tukeviin toimenpiteisiin. Työkaluina olisivat Big Data, simulaatio, biostatistiikka ja klinisen päätöksenteon tuen työkaluun EBMEDS (Evidence Based Medicine Electronic Decision Support) joka on osa sähköistä potilaskertomusta.

## 2.7 Digitaaliset opetuspalvelut

Opetusala on ensimmäisiä sektoreita, joilla jo nyt hyödynnetään huippunopean laajakaistan mahdollisuuksia. Erityisesti yliopistotason koulutuksessa monet opiskelijat ovat huippunopean laajakaistan tavoittamisalueella ja hyödyntävät aktiivisesti mm. nauhoitettuja luentoja tai etäluentoja sekä parhaita saatavilla olevia avoimia oppimateriaaleja internetistä. Tutkimuksen kansainvälistyminen on johtanut internetin suomien tutkimusyhteistyötä lisäävien mahdollisuuksien enenevään käyttöön tutkijoiden keskuudessa, ja huippunopea laajakaista lisää näitä mahdollisuuksia edelleen niin videoneuvottelujen, yhteisten tietokantojen kuin hajautetun laskennan ja mallintamisen sekä laboratorioympäristöjen kautta.

Koulutuksen ja opetuksen pilviväylä on Opetus- ja kulttuuriministeriön projekti suomalaisen koulutuspilvipalvelun toteuttamiseksi. Pilviväylä-projektin tavoitteena on



helpottaa pilvipalveluiden syntymistä, hankintaa ja käyttöönottoa oppimisympäristöissä. Tarkoituksena on uudistaa ja monipuolistaa oppimisen ja opettamisen tapoja sekä antaa opettajille paremmat ja monipuolisemmat työvälineet opetukseen. Pilviväylästä kehitetään kokonaisvaltainen edutech-ekosysteemin kohtaamis- ja vuorovaikutuspaikka verkossa. Se on paikka jossa oppilaiden, opettajien ja palveluntuottajien muodostama vertaisverkosto toimii ja vaikuttaa tulevien pedagogisten käytänteiden luomiseen ja levittämiseen. Palvelun avulla koulut saavat käyttöönsä parhaat ja uusimmat digitaaliset oppimateriaalit ja sovellukset. Pilviväylä-hankkeen tarkoitus on tuottaa järjestelmä, jolla parhaat ja uusimmat opetusmateriaalit saadaan helposti koulujen ja opettajien käyttöön. Lisäksi kehitetään tapoja tukea opettajien omaa opetusmateriaalien tuotantoa ja levitystä muidenkin käyttöön ja helpottaa yritysten mahdollisuuksia päästä oppimateriaalimarkkinoille. Oppi- ja opetusmateriaali ymmärretään tässä laajasti sisältäen oppimiseen liittyvät teksti- ja videomateriaalit, pelit, käyttösovellukset, ryhmätyökalut ja palvelut. . Oppimisympäristöjen pilviväylä, koulutuspilvi, tukee digitaalisten oppimateriaalien kehitystä ja siihen liittyvien uusien toimintamallien kehittämistä.

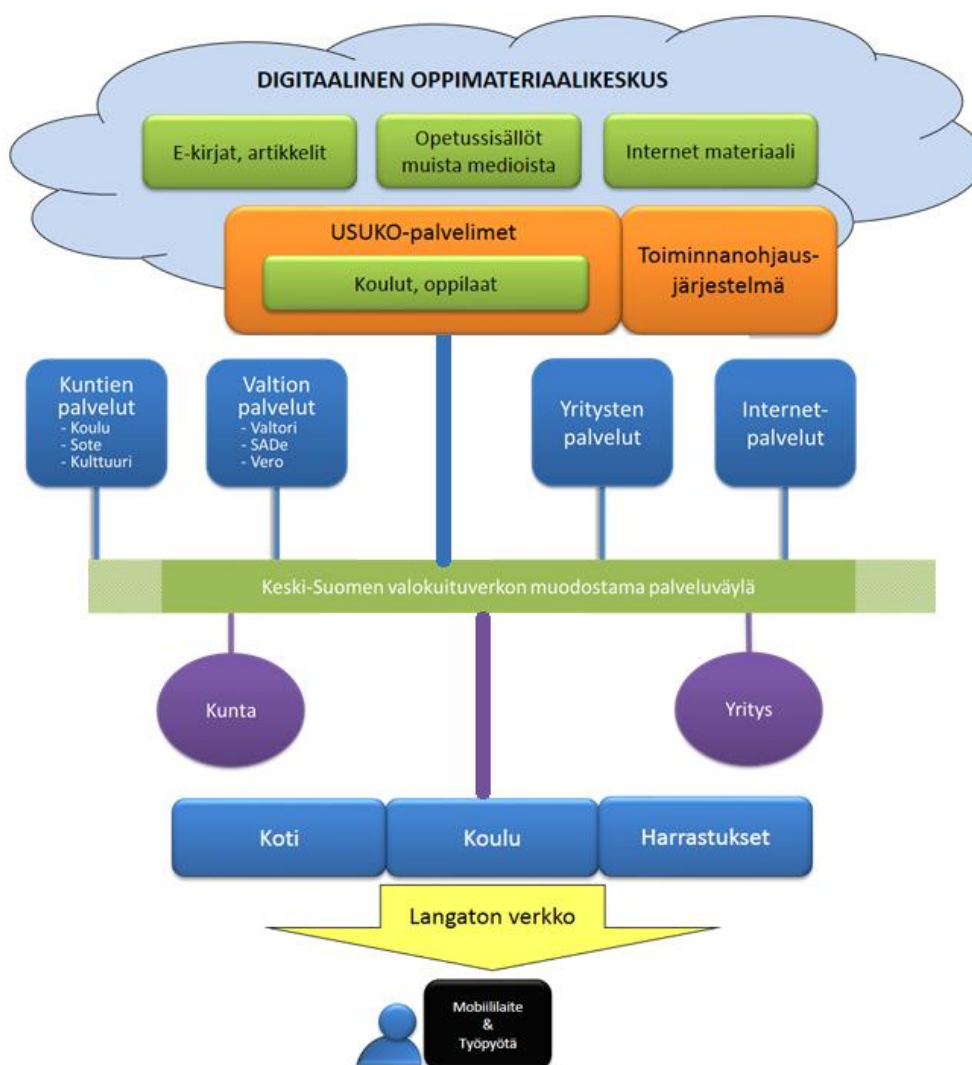
Pilviväylän rakentaminen etenee vuonna 2014 pilottiprojektina, jossa koulutukseen liittyviä, pilviteknologiaan pohjautuvia palveluita otetaan käyttöön verkkooppimisympäristössä. Yhteistyössä tehtävän kehitystyön tulokset tullaan julkaisemaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa avoimena lähdekoodina. Avoimien rajapintojen avulla eri palveluita voidaan integroida uudenaikaisiksi palveluiksi ja kehittää uusia palveluita ennalta kehitetyn päälle. Opetus- ja kulttuuriministeriön johdolla toteutettava koulutuksen pilviväylä tulee toimimaan pilottina myös kehitettäessä kansallista palveluväylää.

Etäkoulutus mahdollistaa erittäin syväälle menevät opinnot myös kaukana luentopaikasta tai fyysisestä koulusta - jopa ulkomailla. Etäkoulutuksella voidaan parantaa koulutuksen laatua, vähentää kustannuksia ja lisätä mahdollisuuksia osallistua koulutukseen. Uudet huippunopean laajakaistan alustat mahdollistavat sellaisten oppimateriaalien tuottamisen, jotka sisältävät 3D-malleja, HD-tason videoita ja interaktiivisuutta. Useiden kansainvälisten tutkimusten mukaan tutkimisympäristöt, esimerkiksi tieteellinen laskenta, lääketieteellinen tutkimus ja muu tietointensiivinen tutkimus, hyötyvät paljon huippunopeasta laajakaistasta.

Jyväskylän yliopisto johtaa Systemiset oppimiskäytännöt -arvoverkkoa, jota on rahoitettu vuosina 2012–2015 Tekesin Oppimiskäytännöt-ohjelmasta. Arvoverkko koostuu tutkimusosuudesta, noin 20 yrityksen tuotekehityshankkeista, työorganisaation kehittämishankkeista sekä laajasta pedagogiseen kehittämiseen ja teknologian käyttöönottoon keskittyvästä oppilaitosverkostosta. Vuonna 2014 Systech-arvoverkko laajentui kansainväliseksi tutkimus- ja kehittämisverkostoksi, johon osallistuu kuusi kumppanimaata (Chile, Espanja, Etelä-Korea, Hongkong, Singapore ja Yhdistyneet Arabiemiiraatit). Jyväskylän yliopiston vetämään tutkimusosuuteen osallistuu myös Helsingin yliopisto. Pää tavoitteena on rakentaa tutkimuslähtöisiä periaatteita oppimiskäytännön suunnittelulle ja käytölle sekä asiantuntija-arviointien toteuttamiselle.

EU-komission rahoittaman ESSIE -tutkimuksen (The Survey of Schools: ICT in Education) mukaan tieto- ja viestintätekniiikan opetusikäyttö Suomessa on muuta Eurooppaa jäljessä. Opetusteknologiaa (älytaulut, tabletit) on tarjolla kohtuulliseen hintaan. Useilla oppilaitoksilla tekniikka on, mutta sitä ei hyödynnetä tarpeeksi. Digitaalisen oppimateriaalin määrä on kasvanut räjähdysmäisesti viimeisen viiden vuoden aikana. Eri toimijat kuten koulutusalan yritykset, yliopistot ja jopa yksityiset ihmiset tuottavat digitaalisia oppimateriaaleja ja -ratkaisuja. Jyväskylän yliopistossa aloitetulla Uuden Sukupolven Koulu (USUKO) -hankkeella kehitetään prototyyppiä monikanavaisesta oppimateriaalikeskuksesta. Prototyyppi mahdollistaa eri lähteistä kerätyn digitaalisen oppimateriaalin käytön koululaisille uudella innovatiivisella tavalla. USUKO-hanke on osa kansallista digikouluhanketta, johon valtioneuvosto on sitoutunut.

Kuvassa 12 on esitetty USUKO-hanke osana Keski-Suomeen kaavailtua palveluväylää.



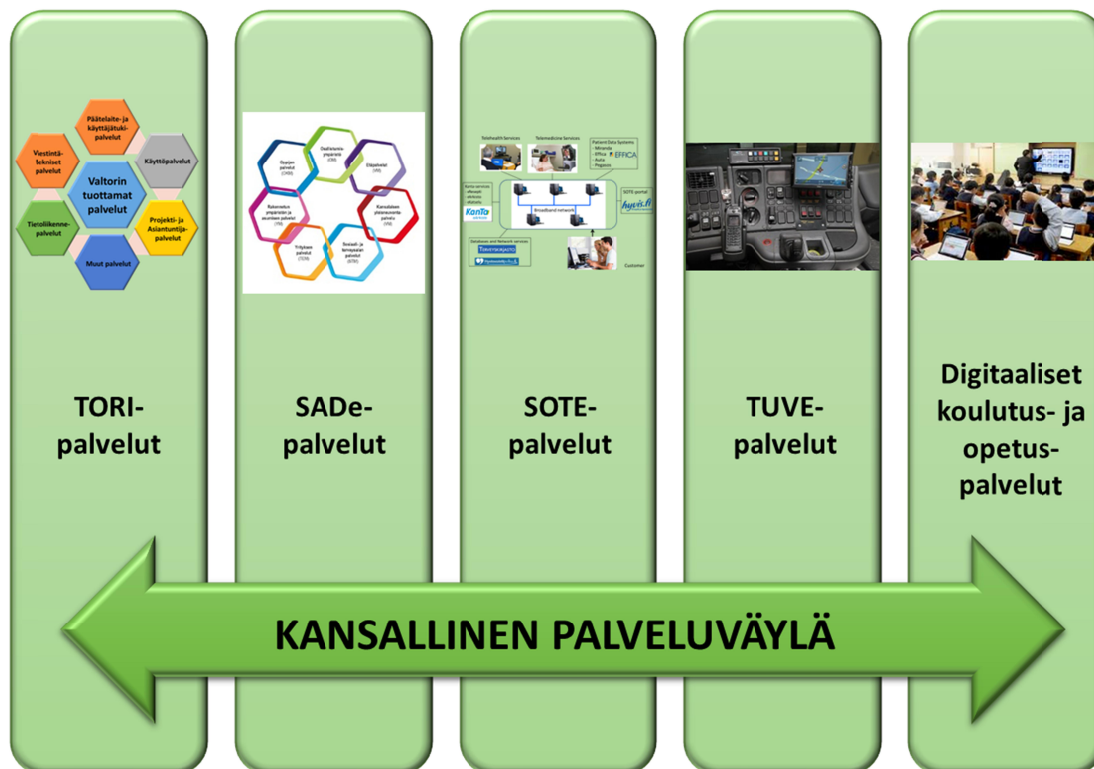
KUVA 12 USUKO osana Keski-Suomeen kaavailtua palveluväylää

## 2.8 Viihde- ja pelipalvelut

Kaupallisista palveluista voimakkaimmin kasvavat erilaiset viihtymiseen ja pelaamiseen liittyvät palvelut. Suomen pelialan ensimmäiset yritykset syntyivät 1990-luvulla Helsinkiin. Siitä lähtien ala on kasvanut 25 % - 300 % vuosittain. Pelialue on vahvasti profiloitunut ennen kaikkea viihtymisen luomiseen ihmisten arkeen houkuttavien ja pelitarinoihin sitouttavien pelikokemusten kautta. Lisäksi peleillä ja pelinomaisuudella on todettu olevan laajasti sovellusmahdollisuuksia ihmiselämän eri alueilla, kuten oppimisessa ja terveydenhoidossa. Tällä hetkellä yli 90 % nuorista pelaa digitaalisia pelejä.

Tekesin mukaan pelit ja simulaatiot voivat olla viihdekäytön lisäksi osana koulujen oppimisympäristöjä sekä yritysten koulutusta ja valmennusta. Pelien kehitykseen käytettäviä edistyskellisiä työkaluja voidaan hyödyntää myös muilla teollisuuden aloilla, kuten mallinnuksessa, simuloinnissa ja käyttöliittymien suunnittelussa, perinteistä ohjelmistotuotantoa unohtamatta. Sosiaaliset pelit ja verkot voidaan valjastaa tuotteiden ja palvelujen kehittämiseen ja pelillisuus on tulossa voimakkaasti osaksi terveydenhuollon ja logistiikan palveluja. Sosiaaliset pelit ja verkot ovat jo nyt osana tuotteiden ja palvelujen kehittämistä (crowdsourcing).

Kuvassa 13 on esitetty kansallisen palveluväylän päälle rakentuva palvelutarjonta.



KUVIO 13 Kansallinen palveluväylä ja palvelutarjonta

### 3 KANSAINVÄLINEN JA KANSALLINEN STRATEGINEN VIITEKEHYS

#### 3.1 EU:n digitaalistrategia 2010 ja 2012

Digitaalistrategian yleisenä tavoitteena on saada kestäviä taloudellisia ja yhteiskunnallisia hyötyjä nopeisiin ja ultranopeisiin internetyhteyksiin ja yhteen toimiviin sovelluksiin perustuvista digitaalisista yhtenäismarkkinoista. Agendan tarkoituksena on viitoittaa tie, jolla ICT:n yhteiskunnalliset ja taloudelliset mahdollisuudet voidaan hyödyntää mahdollisimman laajasti. Digitaalitekniikan laajempi ja tehokkaampi käyttö antaa Euroopalle mahdollisuuden vastata keskeisiin haasteisiinsa ja parantaa eurooppalaisten elämänlaatua esimerkiksi paremman terveydenhuollon, turvallisempien ja tehokkaampien liikenne- ja palvelusratkaisujen, puhtaamman ympäristön, uusien viestintämahdollisuuksien sekä julkisten palvelujen ja kulttuurisisältöjen helpomman saatavuuden kautta.

Edelleen digitaalistrategian mukaan "älykäs teknologian käyttö ja informaation hyödyntäminen auttaa vastaamaan yhteiskunnan haasteisiin, kuten ilmastonmuutokseen ja väestön ikääntymiseen. Digitaalinen yhteiskunta on ymmärrettävä yhteiskunnaksi, joka tuo hyötyjä kaikille. ICT:n käyttöönotosta on tulossa perusedellytys sellaisten politiikan tavoitteiden saavuttamiselle kuin ikääntyvän yhteiskunnan tukeminen, ilmastonmuutoksen torjuminen, energiankulutuksen vähentäminen, liikenteen tehokkuuden ja liikkuvuuden parantaminen, potilaiden valtaistaminen sekä vammaisten osallisuuden varmistaminen."

Sähköiset viranomaispalvelut ovat kustannustehokas tapa tarjota parempaa palvelua kaikille kansalaisille ja yrityksille sekä huolehtia osallistavasta, avoimesta ja läpinäkyvästä hallinnosta. Ne voivat vähentää julkishallinnolle, kansalaisille ja yrityksille koituvia kustannuksia ja ajanmenetystä.

Euroopan komission mukaan "*kansalaisten, kuluttajien ja työntekijöiden mahdollisuuksia hyödyntää digitaalitekniikkaa haittaavat yksityisyyteen ja turvallisuuteen liittyvä epäily, puutteelliset internetyhteydet, puutteellinen käytettävyys, tarvittavien taitojen puute tai esteettömyyden puutteet.*" Komissio on määritellyt seitsemän merkittävintä estettä, jotka haittaavat Euroopan maiden digitaalisten palveluiden kehittymistä ja laajentumista:

- hajanaiset digitaaliset markkinat
- puutteellinen yhteentoimivuus
- yleistävä verkkorikollisuus ja riski alhaisesta luottamuksesta verkkoihin
- puutteelliset investoinnit verkkoihin
- riittämätön tutkimus- ja innovointitoiminta
- digitaalisen lukutaidon ja osaamisen puute

- menetetyt mahdollisuudet vastattaessa yhteiskunnallisiin haasteisiin

EU:n tavoitteena on luoda innovoinnin ekosysteemi, jossa voidaan huippututkimuksella luoda perusta maailmanluokan tuotteiden kysynnälle. Tämä edellyttää lisää investointeja, koordinaation parantamista ja voimavarojen kokoamista.

Vuoden 2010 digitaalistrategiassa nimettiin seitsemän ongelma-aluetta, joista yksi oli digitaalisen lukutaidon ja osaamisen puute. Strategian mukaan "Eurooppa kärsii yhä pahenevasta ammatillisten TVT-taitojen vajeesta ja digitaalisen lukutaidon puutteesta. Nämä puutteet jättävät monet kansalaiset digitaalisen yhteiskunnan ja talouden ulkopuolelle ja heikentävät kerrannaisvaikutusta, joka TVT:n käytöllä voi olla tuottavuuden kasvuun. Tämä vaatii koordinoituja toimia, joiden keskeisiä toteuttajia ovat jäsenvaltiot ja muut sidosryhmät." Tuolloin tehdyn arvion mukaan "ilman osaavia tekijöitä TVT ei myöskään pysty toimimaan tehokkaasti Euroopan kasvusektorina ja kilpailukyvyyn ja tuottavuushyötyjen moottorina koko Euroopan taloudessa. EU:n talouden kehitystä hidastaa TVT-ammattilaisten vaje: vuoteen 2015 mennessä Euroopassa saatetaan tarvita taitoja jopa 700 000 tietotekniikka-alan työpaikan täyttämiseksi."

Strategian mukaan on olennaisen tärkeää, että Euroopan kansalaisia opetetaan käyttämään ICT:tä ja digitaalisia viestimiä; erityisen tärkeää on houkuttaa nuoria ICT-koulutukseen. Lisäksi ICT-ammattilaisten ja sähköisen liiketoiminnan taitojen eli innovoinnin ja kasvun edellyttämien digitaalisten taitojen tarjontaa on lisättävä ja tasoa parannettava.

Teknologiaosaamisen kehittämisessä tulee ottaa huomioon ainakin seuraavat viisi tekniikan kehityksen suurta linjaa:

1. Tekniikan kehityksen vauhti kasvaa
2. Tekniikan kehitys moninaistuu
3. Innovatiiviset yhdistelmätekniikat lisääntyvät – tekniikoiden konvergoituminen
4. Tekniikka tunkeutuu yhä syvemmälle yhteiskuntaan -> ubiikkiteknologia -> ubiyhteiskunta -> ubiosaaminen
5. Mediatekniikat ja sosiaalinen media luovat uusia liiketoimintamalleja

### 3.2 Euroopan unionin kyberturvallisuusstrategia 2013

Euroopan unionin kyberturvallisuusstrategian mukaan "EU:n olisi turvattava verkko-ympäristö, joka tarjoaa mahdollisimman laajan vapauden ja tietoturvan kaikkien hyödyksi." Strategiassa esitelty EU:n visio rakentuu viidelle strategiselle painopisteelle, joita ovat:

- Verkon vakaus
- Verkkorikollisuuden huomattava vähentäminen
- Yhteiseen turvallisuus- ja puolustuspolitiikkaan (YTPP) liittyvän verkkopuolustuspolitiikan ja valmiuksien kehittäminen

- Kyberturvallisuuden liittyvien teollisten ja teknologisten voimavarojen kehittäminen
- Johdonmukaisen kansainvälisen verkkotoimintapolitiikan luominen Euroopan unionille
- EU keskeisten arvojen edistäminen

EU:n kyberturvallisuusstrategian tavoitteiden saavuttamiseksi komissio on pyytänyt jäsenvaltioita tehostamaan kansallisia toimia verkko- ja tietoturvaopetuksen ja -koulutuksen alalla aloittamalla kouluissa verkko- ja tietoturvaopetus vuoteen 2014 mennessä, antamalla tietotekniikan opiskelijoille opetusta verkko- ja tietoturvasta, tietoturvallisten ohjelmistojen kehittämisestä ja henkilötietojen suojasta sekä antamalla julkishallinnon työntekijöille peruskoulutusta verkko- ja tietoturvan alalla.

### 3.3 Eurooppa 2020 -strategia

Eurooppa 2020 -strategia tukee talouskasvua, joka on entistä älykkäämpää (tehokkaammat investoinnit koulutukseen, tutkimukseen ja innovointiin), kestävämpää (siirtyminen vähähiiliseen talouteen ja teollisuuden kilpailukyvyyn vahvistaminen) ja osallistavampaa (vahva panostaminen työpaikkojen luomiseen ja köyhyyden vähentämiseen). Strategiassa keskitytään viiteen haastavaan tavoitteeseen, jotka koskevat työllisyyttä, tutkimusta, koulutusta, köyhyyden vähentämistä sekä ilmasto- ja energiakysymyksiä.

Yksi lippulaivahankkeista on Älykäs kasvu, mikä tarkoittaa sitä, että EU:ssa:

1. parannetaan koulutustasoa – kannustetaan ihmisiä opiskelemaan ja jatkokouluttautumaan
2. lisätään tutkimusta ja innovointia – kehitetään uusia tuotteita ja palveluja, jotka luovat kasvua ja työpaikkoja sekä auttavat vastaamaan yhteiskunnallisiin haasteisiin
3. kehitetään digitaaliyhteiskuntaa – käytetään tehokkaammin tieto- ja viestintätekniikkaa

Käytännön tasolla EU pyrkii edistämään tavoitteita digitaalisilla sisämarkkinoilla, joilla käytetään nopeita tai ultranopeita internetyhteyksiä ja yhteen toimivia sovelluksia. Innovaatiounioni-hankkeessa kohdistetaan T&K- ja innovaatiopolitiikka yhteiskunnallisiin haasteisiin, joita ovat ilmastonmuutos, energia- ja resurssitehokkuus, terveys sekä väestönmuutos. Lisäksi vahvistetaan innovaatioketjun jokaista lenkkiä perustutkimuksesta kaupallisiin sovelluksiin.

Suomen tavoitteena on keväällä 2013 julkaistun Eurooppa 2020 -ohjelman mukaan synnyttää uusia vahvuuksia lisäämällä innovatiivisten, nopeasti kasvavien ja kansainvälistyvien yritysten määrää. Tätä tukevia hankkeita ovat mm. INKA-ohjelma ja SHOK-

hankkeet, joiden tavoitteena on globaalisti merkittävien läpimurtoinnovaatioiden synnyttäminen suomalaisilla vahvuusaloilla luomalla siltaa tutkimuksesta yritystoimintaan.

### 3.4 Horisontti 2020

Euroopan komissio on asettanut Horisontti 2020 -ohjelman tavoitteeksi luoda Eurooppaan kasvua ja uusia työpaikkoja, turvata Euroopan asema globaalissa kilpailussa ja vastata Eurooppa 2020 -strategiassa nostettuihin haasteisiin. Ohjelma kattaa vuodet 2014–2020. Horisontti 2020 rakentuu kolmesta osasta eli ”pilarista”, joita ovat huipputasen tiede, teollisuuden johtoasema, yhteiskunnalliset haasteet.

Kansainväliseen kasvuyrittäjyyteen sekä huomispäivän teknologioihin ja innovaatioihin pyritään kolmella tavoitteella:

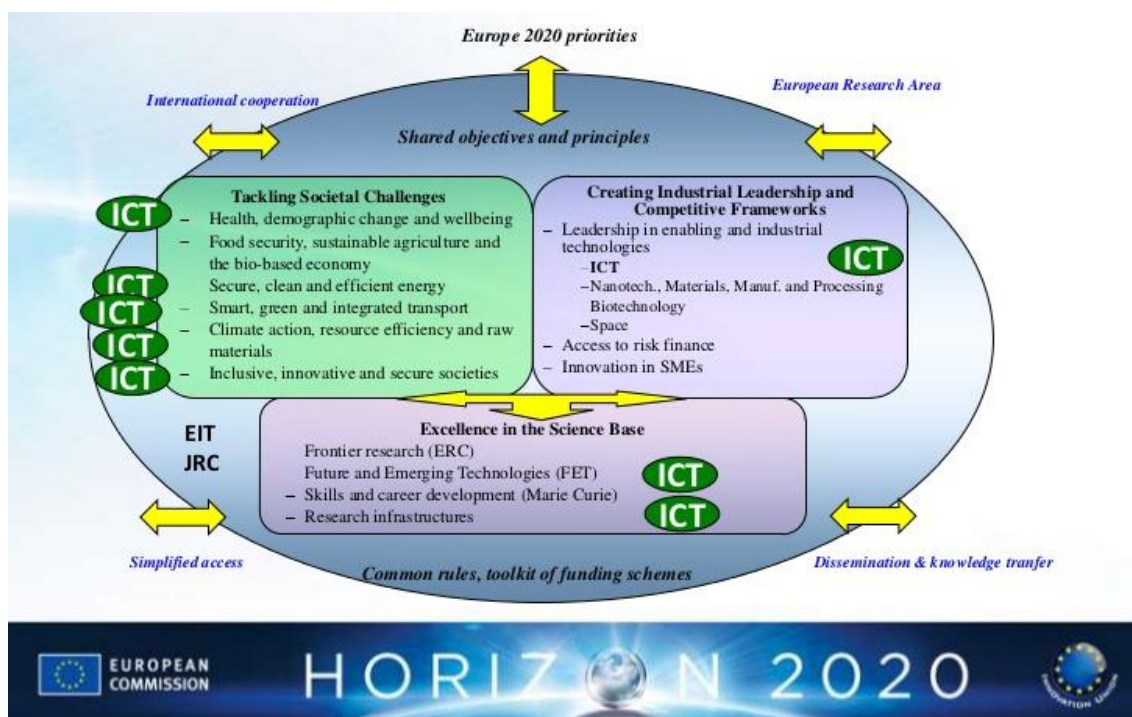
1. Johtoasema mahdollistavissa teknologioissa ja teollisuusteknologioissa
2. Riskirahoituksen saatavuus
3. Innovointi pk-yrityksissä

Johtoasema mahdollistavissa teknologioissa ja teollisuusteknologioissa saavutetaan vain, kun Euroopan teollisuus pystyy onnistuneesti omaksumaan ja ottamaan käyttöön mahdollistavia avainteknologioita (Key Enabling Technologies, KETs), jotta Euroopan tuottavuus ja innovointikyky vahvistuisivat. Rahoitus tullaan kohdistamaan seuraaville alueille:

1. Tieto- ja viestintäteknologia, ICT
2. Nanoteknologia
3. Kehittyneet materiaalit
4. Bioteknologia
5. Kehittynyt valmistus ja prosessointi
6. Avaruus

ICT-ala on geneerinen teknologia ja siksi se esiintyy hyvin monella Horisontti 2020 -ohjelma-alueella (kts. kuva 14). Vuosien 2014–15 ohjelmissa ICT näkyy seuraavasti:

- Advanced research to uncover radically new technological possibilities and ICT contributions to research and innovation are addressed in the ‘Excellent science’ part of the work programme, respectively under Future and Emerging Technologies (FET), European research infrastructures (EINFRA);
- Research and innovation activities on generic technologies either driven by industrial roadmaps or through a bottom up approach are addressed in the Leadership in enabling and industrial technologies (LEIT) part of the work programme, under ‘Information and communication technologies’;
- Multi-disciplinary application-driven research and innovation leveraging ICT to tackle societal challenges are addressed in the different Societal challenges.



KUVA 14 ICT ja Horisontti2020 -ohjelma

### 3.5 Euroopan tutkimusneuvosto

Euroopan komissio perusti Euroopan tutkimusneuvoston (European Research Council, ERC) helmikuussa 2007 osana EU:n seitsemättä tutkimuspuiteohjelmaa. ERC:n tehtävänä on päättää tieteen eturintamaan kuuluville tutkijalähtöisille tutkimushankkeille myönnettävästä tuesta. ERC:n toiminnan päätavoitteena on edistää eurooppalaista tieteellistä huippuosaamista suuntaamalla tukea luoville eturivin tutkijoille, tieteenharjoittajille ja insinööreille kaikilla tieteen ja teknologian aloilla.

Horisontti2020-hanke rahoittaa ERC-hankkeita seuraavien periaatteiden mukaisesti. Rahoitus on suunnattu eri vaiheessa uransa oleville tutkijoille ilman ikä- tai kansalaisuusrajoitetta. Tutkimustyö on tehtävä EU:n jäsenmaassa tai puiteohjelman liitännäismaassa (ns. Associated Country). Tutkimusaiheita ei ole määritelty etukäteen.

Horisontti2020 myöntää rahoitusta seuraavanlaisiin ERC-ohjelmiin:

ERC Starting Grants (StG) uransa alkuvaiheessa oleville tutkijoille: Tavoitteena on tukea itsenäistyviä tutkijoita, joilla on jo vähintään 2 ja enintään 7 vuotta tutkijauraa takanaan. Yhden hankkeen rahoitus on enintään 2 miljoonaa euroa, ja se myönnetään enintään 5 vuodelle.



ERC Consolidator Grants (CoG) urallaan vakiintumassa oleville tutkijoille:

Tavoitteena on tukea ansioituneita ryhmänjohtajia, joilla on jo vähintään 7 ja enintään 12 vuotta tutkijauraa takanaan. Yhden hankkeen rahoitus on enintään 2,75 miljoonaa euroa 5 vuoden ajaksi.

ERC Advanced Grants (AdG) edistyneille tutkijoille:

Tavoitteena on tukea edistyneitä tutkijoita, joilla on merkittävää tutkijauraa takanaan ainakin 10 viime vuoden ajalta. Rahoitusta myönnetään yhdelle hankkeelle enintään 3,5 miljoonaa euroa 5 vuoden ajaksi.

ERC Proof of Concept (PoC):

ERC-rahoituksen saaneiden on mahdollista hakea erillistä rahoitusta tutkimuksensa kaupallisen ja sosiaalisen innovaatiopotentialin hyödyntämiseen. PoC-rahoitus voi olla maksimissaan 150 000 euroa.

### 3.6 Suomen digitaalinen agenda 2010

Valtioneuvoston selonteon Tuottava ja uudistuva Suomi – Digitaalinen agenda vuosille 2011–2020 mukaan *”tieto- ja viestintäteknologinen kehitys vaikuttaa merkittävästi koulutuksen, tutkimuksen ja kulttuurin tuottamiseen, välittämiseen ja hyödyntämisen tapoihin. Sähköisen asiointin yleistyminen sekä tieto- ja viestintäteknologian hyödyntäminen laajasti kaikessa työelämässä edellyttää koko väestöltä riittäviä tietoyhteiskunta- ja mediataitoja.”*

Tieto- ja viestintäteknologinen kehitys vaikuttaa merkittävästi koulutuksen, tutkimuksen ja kulttuurin tuottamiseen, välittämiseen ja hyödyntämisen tapoihin. Sähköisen asiointin yleistyminen sekä tieto- ja viestintäteknologian hyödyntäminen laajasti kaikessa työelämässä edellyttää koko väestöltä riittäviä tietoyhteiskunta- ja mediataitoja. Tietoyhteiskunnan kannalta on tärkeä varmistaa lasten ja nuorten tulevaisuuden osaaminen ja kyky toimia digitaalisessa ympäristössä. Tämä edellyttää lasten huoltajien, opettajien ja muiden kasvattajien tietoteknisen osaamisen, digitaalisten palvelujen käytön, mediakasvatustietoisuuden ja sosiaalisen pääoman vahvistamista.

Tietoyhteiskunnan nopea muutos luo jatkuvan tarpeen poikkitieteelliselle tietoyhteiskunnan tutkimustiedolle. Koulutuksen kehittämisessä tarvitaan sekä puhtaasti pedagogista tutkimusta että tutkimusta tieto- ja viestintäteknologian vaikutuksista oppimiseen. Suomalainen tutkimus ja tutkimusta palveleva tutkimusinfrastruktuuri on kansainvälisesti korkeatasoista. Suomalainen tutkimus- ja innovaatiojärjestelmä edellyttää jatkossakin panostusta tieto- ja viestintäteknologian tutkimukseen ja huippuosaamiseen.

”Tietoyhteiskuntakehityksellä ja digitalisoinnilla on merkittävä rooli koko Suomen hyvinvoinnin ylläpitämisessä ja tuottavuuden parantamisessa. Tieto- ja viestintäteknologioiden tehokkaalla hyödyntämisellä yhteiskunnan kaikilla sektoreilla voidaan edesauttaa huomattavasti talouden kasvua. Tieto- ja viestintäteknologian laajamittaisella levit-

tämisellä luodaan palveluiden tuotantoa ja vientiä korvaamaan perinteisen tuotannon siirtymistä muualle. Digitalisoimisen mahdollistama tuottavuuden kasvu vaikuttaa suotuisasti myös julkisen sektorin kestävyysvajeeseen.”

”Digitaaliset palvelut ovat siirtymässä yhä enenevässä määrin ns. pilvipalveluihin. Näissä suuret palvelinkeskittymät, tehokas tietoliikenne ja laaja maantieteellinen hajautus takaavat edullisimman tuotannon ja samalla myös suojan häiriötä vastaan. Samalla kuitenkin syntyy voimakas tarve määritellä kansallisen tietoyhteiskunnan toimivuuden kannalta tärkeät palvelut ja kriittinen infrastruktuuri.”

### 3.7 Hallitusohjelma 2011

Hallitusohjelman (17.6.2011) mukaan Suomi on avoin, oikeudenmukainen ja rohkea. Suomen menestyksen ja hyvinvoinnin kasvu on riippuvainen laajasta sivistyksestä, ammattitaidosta ja korkeasta osaamisesta sekä kansainvälistä kärkeä olevasta tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotoiminnasta. Osaamiseen ja luovuuteen perustuva suomalaisen työn kilpailukyky edellyttää toimivaa koulutusjärjestelmää. Sivistys on oma päämääränsä. Hallitus on asettanut tavoitteekseen nostaa suomalaiset maailman osaavimmaksi kansaksi vuoteen 2020 mennessä. Hallitusohjelman mukaan tieto- ja viestintäteknikan hyödyntämistä koulutuksessa vahvistetaan.

Hallitusohjelmaa tarkentavassa Koulutuksen ja tutkimuksen kehittämissuunnitelmassa 2011–2016 kuvataan tarkemmin kehittämisen kohteita. ”Tieto- ja viestintäteknologia liittyy oleellisena osana koulutukseen, työelämään ja koko yhteiskunnan toimintaan. Tieto- ja viestintäteknikkaa hyödyntämällä voidaan tarjota mahdollisuus joustavampiin ja yksilöllisempiin opintoihin ja uudistaa opetusta ja toimintakulttuuria. Opettajien tieto- ja viestintäteknikan opetuskäytön osaamisesta huolehditaan perus- ja täydennyskoulutuksella kaikilla koulutuksen tasoilla.”

### 3.8 Tietoyhteiskuntakehittäminen 2012

OKM:n koulutuksen tietoyhteiskuntakehittämismuistion mukaan ”Suomen koulutus ja opetus on huippuluokkaa. Tieto- ja viestintäteknikan opetuskäytön osalta tilanne ei ole aivan näin valoisa. Suomessa on investoitu voimakkaasti laitteisiin ja verkkoyhteyksiin, mutta pedagogiikka ja koulun toimintakulttuuri ei ole juurikaan muuttunut. Uusia teknologian tukemia pedagogisia mahdollisuuksia ei ole hyödynnetty siinä määrin kuin olisi ollut mahdollista.” Muistion esittämän vision 2020 mukaan ”Suomalaiset koulut ja oppilaitokset ovat kansainvälisesti vertaillen edistyksellisiä tieto- ja viestintäteknikan hyödyntäjiä. Ammattitaitoinen opetus- ja muu henkilöstö sekä motivoituneet oppilaat ja opiskelijat hyödyntävät opinnoissaan ja oppimisen tukena laadukasta, ajanmukaista ja ekologisesti tehokasta tieto- ja viestintäteknikkaa eri ympäristöissä. Oppijan ja yhteisöjen tueksi on luotu joustavia palveluita, jotka edistävät elinikäistä oppimista.”

### 3.9 KIDE-älystrategia

Opetus- ja kulttuuriministeriön älystrategian (KIDE) tavoitteena on "vahvistaa kansalaisten osaamista, luovuutta ja aktiivisuutta sekä parantaa tieto- ja palveluintensiivistä osaamista eri ammattien, liiketoiminnan, hallinnon ja kansalaistoiminnan tueksi. Tieto- ja viestintäteknikkaa monipuolisesti hyödyntävä yhteiskunta edellyttää kaikilta kansalaisilta monipuolista perusosaamista ja jatkuvaa oman osaamisen päivittämistä. Lisäksi tarvitaan kansainvälisesti korkeatasoista erityisosaamista kilpailukykyisten yritysten elinvoimaisuuden turvaamiseksi ja uusien palvelujen kehittämiseksi."

"Tieto- ja viestintäteknikkaa hyödyntämällä voidaan tarjota mahdollisuus joustavampiin ja yksilöllisempiin opintoihin ja uudistaa opetusta ja oppimista. Tietotekniikalla ja sitä hyödyntävillä opetusmenetelmillä voidaan avata koulutusta sekä vaikuttaa kasvavassa määrin sen saavutettavuuteen kaikilla koulutusasteilla ja yhteiskunnassa. Digitaalisten ympäristöjen laajamittainen käyttö osana opetusta ja oppimista edellyttää koulutuksen järjestäjiltä toiminnallisia ja rakenteellisia uudistuksia sekä tapoja organisoida työskentelyä siten, että uudenlaisten opetusmenetelmien ja ohjausjärjestelyjen hyödyntäminen on mahdollista. Erityisen tärkeää on opetushenkilöstön oma osaaminen. Digitaalisen maailman mahdollisuuksien hyödyntäminen edellyttää sekä osaamiskärjistä että laaja-alaisesta osaamisesta huolehtimista. Niiden rinnalla on olennaisen tärkeää edistää osaamiskeskittymien ja -verkostojen muodostumista sekä huolehtia joustavien oppimismahdollisuuksien tarjonnasta, yksilöllisiin osaamistarpeisiin vastaamiseksi."

### 3.10 Julkisen hallinnon ICT-strategia 2012

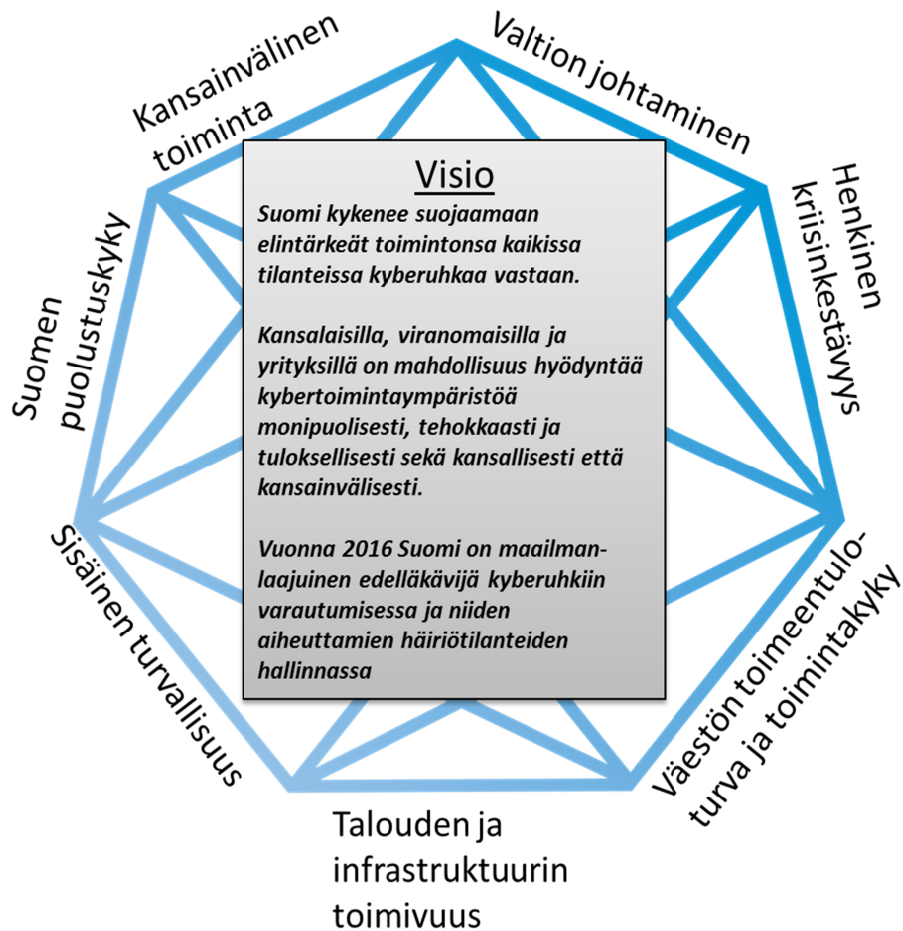
Julkisen hallinnon yhteinen tieto- ja viestintäteknikan (ICT) hyödyntämisen strategian visio ulottuu vuoteen 2020 sekä linjausalueet ja toimenpiteet vuoden 2015 loppuun. Strategissa korostuu, miten julkisen hallinnon toiminta ja kehittyminen ovat riippuvaisia hyvin toimivasta ICT:stä. JulkICT-strategian linjausalueita ovat palveluinnovaatioiden ekosysteemit, avoin tieto ja tiedon yhteiskäyttö, kyky hyödyntää ICT:tä, selkeät tietohallinnon rakenteet ja toimintavarma, kustannustehokas ICT-infrastruktura. Linjat edellyttävät alan osaamisen aktiivista kehittämistä.

### 3.11 Suomen kyberturvallisuusstrategia 2013

Kyberturvallisuusstrategian mukaan "Kybertoimintaympäristö tulee nähdä myös mahdollisuutena ja voimavarana. Turvallinen kybertoimintaympäristö helpottaa yksilöiden ja yritysten oman toiminnan suunnittelua, mikä lisää taloudellista aktiviteettia. Hyvä toimintaympäristö parantaa myös Suomen kansainvälistä houkuttelevuutta investointikohteena. Näiden lisäksi kyberturvallisuus on itsessään uusi ja vahvistuva liiketoiminnan alue."

Suomella on pienenä, osaavana ja yhteistyökykyisenä maana erinomaiset edellytykset nousta kyberturvallisuuden kärkimaaksi. Meillä on vahva osaamisperusta sekä pitkät perinteet tiivistä ja luottamuksellisesta yksityisen ja julkisen sektorin yhteistyöstä sekä hallinnon alojen välisestä yhteistyöstä.

Kuvassa 15 on esitetty kansallisen kyberturvallisuusstrategian visio.



KUVA 15 Suomen kyberturvallisuusstrategian visio

Kyberturvallisuusstrategian mukaan *”Kyberturvallisuuteen tähtäävän tutkimuksen, kehittämisen ja koulutuksen toteuttaminen eri tasoilla vahvistaa kansallista osaamista ja Suomea tietoyhteiskuntana. Kyberturvallisuuden kehittämisessä panostetaan voimakkaasti kybertoimintaympäristön tutkimukseen, koulutukseen, työllistymiseen ja tuotekehitykseen, jotta Suomi voisi kehittyä yhdeksi kyberturvallisuuden johtavista maista.”* Strategiseksi tavoitteeksi asetettiin, että lisätään panostuksia tutkimukseen, tuotekehitykseen ja koulutukseen sekä toimenpiteitä kyberturvallisuuden osaamisen kehittämiseksi koko yhteiskunnan osalta.

Suomen kyberturvallisuusstrategian mukaan *”perustetaan olemassa olevan ICT-SHOKin yhteyteen kyberturvallisuuden strateginen huippuosaamisen keskittymä, joka*

tarjoaa tutkimusyksiköille ja tutkimustuloksia hyödyntäville yrityksille tehokkaan tavan tehdä tiivistä ja pitkäjänteistä yhteistyötä keskenään. Keskittymä luo edellytyksiä vahvan kansallisen kyberosaamisklusterin rakentumiselle.”

Digile Oy:n johdolla on aloitettu huhtikuussa 2014 kyberturvallisuuden strategisen tutkimusohjelman valmistelu. Ohjelman valmistelua varten järjestettiin kolme avointa tutkimusseminaari Helsingissä, Jyväskylässä ja Oulussa. Tutkimusohjelman kirjoittamisen jälkeen aloitetaan kyberturvallisuuden SHOK:n valmistelu.

### 3.12 Keski-Suomen maakuntastrategia

Keski-Suomen 2024 vision mukaan ”bio-, digi- ja osaamistalous ovat Keski-Suomen tulevaisuuden vahvuuksia. Digitalouden mahdollisuuksien hyödyntäminen edellyttää uudelleen ajattelua kaikilla toimialoilla, organisaatioissa, yhteiskunnan rakenteissa ja instituutioissa. Alan kehittämisenäkymät ovat huikeat. Osaamistalous tuottaa uutta liiketoimintaa, kun elinkeinot, koulutus ja tutkimus toimivat yhdessä.

Digitalouden tulevaisuusvisiossa Keskisuomalaiset yritykset hyödyntävät globaalisti verkko-, mobiili- ja pilvipalveluiden luomia kasvumahdollisuuksia. Keski-Suomi on kyberturvallisuuden kansainvälinen keskittymä. Digiteknologiat ovat uudistaneet perinteistä teollisuutta.

Julkisen sektorin digipalvelut lisäävät hyvinvointia, koska palveluiden tuottaminen tehostuu ja saatavuus paranee. Eri-ikäisten kansalaisten digiosaaminen on Keski-Suomessa maailman huippua.

Digitalouden mahdollisuuksien hyödyntäminen edellyttää uudelleenajattelua kaikilla toimialoilla, organisaatioissa, yhteiskunnan rakenteissa ja instituutioissa. Kehityksen edellytykset ovat supernopeat ja turvalliset tietoliikenneverkot.

Keski-Suomen maakuntastrategian mukaan ”digiteknologian integroiminen tulee viedä kaikkiin tuotteisiin ja palveluihin. Kolmiulotteinen ja jopa nelikulotteinen tulostaminen tuovat osan teollisesta tuotannosta takaisin kehittyneisiin maihin, lähelle kuluttajaa. Digitaloudessa tiedon tulisi levitä mahdollisimman nopeasti ja laajasti, jotta globalisoinnin hyödyt saavutetaan maksimaalisesti. Tällöin tarvitaan entistä enemmän avoimeen lähdekoodiin ja avoimeen innovaatiotoimintaan perustuvia palveluita. Biokuitujen käyttö 3D-tulostuksessa sekä avoimen datan ja suurdatan hyödyntäminen tietotekniikan ja analytiikan keinoin tarjoavat uudenlaisia liiketoimintamahdollisuuksia Keski-Suomessa. Alueen korkeakoulut ja tutkimuslaitokset ovat avainasemassa uusien teknologioiden testaamisessa ja soveltamisessa.”

Alueelliseen ja muuhun ulkoiseen vaikuttavuuteen liittyvät tekijät ja toimenpiteet ovat tulleet mukaan yliopistojen tehtäväkenttään. Jyväskylän yliopistolla ja erityisesti IT-tiedekunnalla tulee olemaan keskeinen rooli Keski-Suomen maakunnallisen strategian

2040 toteuttamisessa. Strategian yksi keskeisiä valintoja on digitaalisen huippuosaamisen kasvattaminen, mitä tavoitetta tukee Jyväskylän yliopiston vahva ICT-osaaminen sekä vahva yritysysteistyö.

Korkeakoulujen yhteiskunnallisen ja alueellisen vaikuttavuuden arviointia käsitelleessä seminaarissa 9.4.2013 todettiin, että ”yliopistojen strategioissa yleensä vaikuttavuus on taka-alalla. Vain muutama yliopisto määrittelee aluekehityksen uskottavalla tavalla omana todellisenä tehtävänä. Hyvänä esimerkkinä ovat Lapin yliopisto ja Jyväskylän yliopisto.”

### 3.13 Keski-Suomen ICT-strategia

Keski-Suomen ICT-strategian (2013) mukaan maakunnan ICT:n kehittämisen visiona on, että Keski-Suomi on maan johtavia ICT-maakuntia, jossa tieto- ja viestintäteknologian mahdollisuudet on hyödynnetty tehokkaalla, turvallisella ja kestäväällä tavalla. Vision saavuttamisessa korostuu ICT- ja kyberturvallisuusalan vaikuttavan tutkimus- ja koulutus- sekä liiketoimintafokusoituneen ekosysteemin rakentaminen. Keski-Suomen ICT:n kehittäminen perustuu viiteen ohjelmapilariin, joita ovat:

- Digitaalinen Keski-Suomi
- ICT-huippuosaamisen Keski-Suomi
- ICT-SOTE Keski-Suomi
- ICT-liiketoiminnan Keski-Suomi
- Kyberturvallisuuden Keski-Suomi

Digitaalinen Keski-Suomi -ohjelma koostuu hankkeista, joilla Keski-Suomea kehitetään yhdeksi maan johtavista ICT-maakunnista. Tavoitteena on, että Keski-Suomi on julkisten digitaalisten palveluiden käytön edelläkävijä Suomessa. Ohjelman tavoitteen saavuttaminen edellyttää, että maakuntaan aikaan saadaan tehokas ICT-infrastrukturi = *Laajakaista kaikille*. Keski-Suomen tavoite on olla yksi johtavista ICT-palvelujen ja -sisältöjen käyttäjistä ja ICT-palvelujen saatavuus tulee olla tasapuolinen koko maakunnassa.

ICT-huippuosaamisen Keski-Suomi -ohjelma koostuu hankkeista, joilla Keski-Suomea kehitetään ICT-huippuosaamisen maakunnaksi. Tavoitteena on, että Keski-Suomi on tunnustettu kansainvälisen tason ICT-osaamisen maakunta. Tavoitteen saavuttamiseksi Jyväskylän yliopistoon luodaan tehokas ja tulokellinen tutkimusohjelmarakenne ja opetustarjonta.

ICT-SOTE Keski-Suomi -ohjelma koostuu hankkeista, joilla Keski-Suomen sosiaali- ja terveyspalveluihin kehitetään tehokkaat, laadukkaat ja yhteentoimivat ICT-rakenteet ja -palvelut. Tavoitteena on, että Keski-Suomessa on tehokas sosiaali- ja terveyspalveluiden ICT-järjestelmä- ja palvelukokonaisuus. Tavoitteen saavuttaminen edellyttää, että Keski-Suomen sairaanhoitopiirissä on käytössä laadukkaat, kansalaisia ja potilaan koko hoitoprosessia tukevat sähköiset palvelut ja kattava sähköinen dokumentointi.

ICT-liiketoiminta Keski-Suomi -ohjelma koostuu hankkeista, joilla Keski-Suomeen rakentuu koko maakuntaa palveleva, dynaaminen ja vuorovaikutteisesti toimiva ICT-alan innovaatiokeskittymä, jonka kansainvälisesti kilpailukykyinen toimintaympäristö houkuttelee ICT-alan huippuosaajia, yrityksiä ja investointeja maakuntaan. Tavoitteena on rakentaa yrittämiseen kannustava ja kansainvälinen toimintaympäristö, jossa yrittäjyys ja osaaminen muuntuvat kaupallisesti hyödynnetyiksi innovaatioiksi.

Kyberturvallisuuden Keski-Suomi -ohjelma koostuu hankkeista, joilla Jyväskylään muodostuu kyberturvallisuuden innovaatiokeskittymä osana Suomen kyberturvallisuusstrategian implementaatiota sekä muodostaa vahvan verkoston Suomen kyberturvallisuuskeskuksen ja alan muiden toimijoiden kanssa. Tavoitteena on, että Jyväskylä on saavuttanut kansallisella ja kansainvälisellä tasolla maineen kyberturvallisuusosaamisen kaupunkina ja alan edelläkävijänä.

### 3.14 INKA-kyberturvallisuusteema

Innovatiiviset kaupungit 2014–2020 (INKA) kyberturvallisuusteeman ja -toiminnan tavoitteena on luoda kansallinen koulutuksen, tutkimuksen ja yritystoiminnan sekä kansainvälisen toiminnan yhteistyöverkosto, jonka avulla kehitetään alan osaamista ja uutta liiketoimintaa, luodaan uusia alan yrityksiä ja saadaan ulkomaisia yrityksiä etabloitumaan Suomeen.

Suomesta on vuonna 2020 muodostunut kyberturvallisuusalan liiketoiminnan yksi johtavista maista. Suomeen on luotu kyberturvallisuusalan tutkimusta, koulutusta, tuotekehitystä ja testausta mahdollistavia avoimia innovaatio- ja kehitysympäristöjä. Nämä ympäristöt muodostavat monialaisia kokonaisuuksia ja niillä on vahva yhteys käyttäjiin. Kehitysympäristöjen avulla on vahvistettu yritysten kasvuedellytyksiä ja aikaansaatu kansainvälinen verkostoituminen globaaleille markkinoille. Kehitysympäristöt ovat luoneet yrityksille yhteisen toimintaympäristön, jossa ne voivat kehittää kyberturvallisuuden pohjautuvaa liiketoimintaa ja yrittäjyyttä.

Kehitysympäristöt tuottavat liiketoiminnan kehittämispalveluita, jotka liittyvät tuoteteistukseen, markkinointiin ja kansainvälistymiseen. Ydintoimintaa on tunnistettujen kärkituotteiden ja -toimintamallien edistäminen ja jatkokehittäminen kansainvälisillä markkinoilla. Suomeen on rakennettu yksi maailman turvallisimmista informaatioinfrastruktuureista joka on saanut useita kansainvälisiä suuryrityksiä etabloitumaan Suomeen. Turvallisesta infrastruktuuriosaamisesta on tullut yksi menestystuote kansainvälisillä markkinoilla. Suomesta on tullut kyberturvallisuuden globaalien kehitystrendien kärkimaa maailmassa.

Suomen kansainvälisesti tunnustettu ja arvostettu kyberturvallisuuden innovaatiokeskittymä tuottaa dynaamisia tieto-, oppimis- ja tutkimusverkostoja ja -ympäristöjä eri puolelle maata. Oppivan ja osaavan Suomen toimintatavat, avoimuus ja luottamus, ulottuvat laajasti kansainväliseen yhteistyöhön. Suomalainen kyberturvallisuuden kou-

lutusosaamisen asiantuntijaverkosto tuottaa monenlaisia asiakaslähtöisiä koulutus- ja kehittämispalveluja kansallisille ja kansainvälisille markkinoille. Suomeen on luotu laaja kansallinen ja kansainvälinen yhteistyöverkosto, jonka avulla täällä järjestetään alan kansainvälisten huippuosaajien vierailuja, seminaareja ja tieteellisiä konferensseja ja on saatu aikaan kiinteä yhteistoiminta tutkija- ja opiskelijavaihtoineen tärkeimpiin alan kansainvälisiin yliopistoihin ja korkeakouluihin. Se kytkee Suomen alan parhaaseen osaamisen maailmalla, ja hankittu osaaminen on ankkuroitu Suomeen.

Kyberturvallisuudesta on vuonna 2020 tullut Suomelle uusi vientisektori huipputuotteineen ja palveluineen, mikä vahvistaa liiketoimintaa kansallisesti ja kansainvälisesti. Kansallisen yhteistyön avulla on lisätty kansallisten osaamiskärkien profiloitumista ja vetovoimaisuutta koko Suomessa ja kansainvälisen liiketoiminnan avulla kehitetty kansallista hyvinvointia. Kyberturvallinen Suomi on maailmanlaajuisesti tunnistettava brändi.

Kyberturvallisuusteema vahvistaa alan osaamista ja tutkimusta sekä käynnissä olevia ja alkavia kehittämishankkeita, joiden avulla Suomessa mahdollistetaan uusien tuote- ja palveluinnovaatioiden kehittäminen kansalaisille, yrityksille ja julkiselle sektorille. Tutkimuksella tuotetaan tutkimustulosten kaupallistamisen kannalta merkityksellistä tietoa ja osaamista.

Kyberturvallisuusteeman toimintasuunnitelma rakentuu kyberliiketoiminnan ja kyberosaamisen varaan. Tavoitteena on kehittää kyberturvallisuuden innovaatio- ja osaamiskeskittymä, jossa Suomeen muodostuu kansainvälisen huipputasoinen tutkimus- ja koulutusosaamista sekä kansainvälisesti houkutteleva ja kilpailukykyinen toimintaympäristö kyberturvallisuusalan huippuosaajille ja yrityksille. Keskittymä tuottaa dynaamisia tieto-, oppimis- ja tutkimusverkostoja ja -ympäristöjä eri puolelle maata.

Kyberturvallisuusteeman toteutuksessa on tunnistettu viisi kehittämisaluetta, joiden sisältämiä teemoja lähestytään monialaisesti ja monitieteisesti. Kehittämisalueita ovat kybertilannetietoisuus, kybervarautuminen, kyberinfrastruktuuri, kyberturvallisuusratkaisut ja kyberturvallisuusosaaminen.

INKA - Kyberturvallisuusteeman tavoitteiden saavuttamiseksi muodostetaan kaupunkien ja eri organisaatioiden koordinoitu yhteistyöverkosto, jonka avulla täällä järjestetään alan kansainvälisten huippuosaajien vierailuja, seminaareja ja tieteellisiä konferensseja ja on saatu aikaan kiinteä yhteistoiminta tutkija- ja opiskelijavaihtoineen tärkeimpiin alan kansainvälisiin yliopistoihin ja korkeakouluihin. Se kytkee Suomen alan parhaaseen osaamisen maailmalla, ja hankittu osaaminen on ankkuroitu Suomeen.



# OSA I TUTKIMUS

## 4 TIETEEN PERUSPARADIGMOJEN KEHITYKSEN VAIKUTUS TUTKIMUKSEEN

Perinteisesti tutkimusmenetelmät on jaettu kahteen luokkaan: teoreettiseen ja kokeelliseen tutkimukseen. Nykyinen informaatioteknologian tutkimus kattaa neljä tieteen perusparadigmaa: teoreettinen, kokeellinen, mallipohjainen laskennallinen ja datapohjainen laskennallinen lähestymistapa.

### 4.1 Laskennalliset tieteet – tieteen kolmas paradigma

Laskennallinen tiede edustaa kolmatta tieteen paradigmaa. Siinä tietokoneen avulla simuloidaan reaalimaailman ilmiöitä tai tilanteita, joita reaalimaailmassa ei välttämättä vielä ole. Suomen osalta on tapahtunut nopea murros tutkimusparadigmojen asettelussa. Lähes kaikilla tieteen aloilla tehdään tutkimusta laskennallisilla menetelmillä kokeellisten ja teoreettisten menetelmien lisäksi. Suomen kilpailukyvyyn kannalta laskennallisten tieteiden kehittäminen on strategisesti tärkeää.

Nopea kehitys tietotekniikassa ja menetelmäosaamisessa mahdollistavat entistä monimutkaisempien ja realistisempien laskentamallien käyttöönoton eri alojen tutkimusongelmien ratkaisemiseksi. Näin vähennetään tuntuvasti tarvetta suorittaa erilaisia kalliita kokeita. Laskennallisten tieteiden menetelmillä voidaan hakea ratkaisuja ongelmiin myös tilanteissa, joissa riittävän tarkan ratkaisun saaminen perinteisillä keinoilla ei onnistu. Laskennalliset tieteet mahdollistavat tutkimus- ja innovaatiotoiminnassa sekä yrity maailmassa tuloksia, joita ei tähän asti ole ollut mahdollista saavuttaa.

Opetusministeriön työryhmän mukaan ”laskennallisen tieteen kehittäminen on strategisesti tärkeää Suomen kilpailukyvyille. Laskennallisella lähestymistavalla voidaan lisätä ymmärrystä yhteiskunnallisesti merkittävillä alueilla. Laskennallinen lähestymistapa vahvistaa moni- ja poikkitieteellistä tutkimusta sekä nopeuttaa ja tehostaa tuotekehitystä. Samalla vähennetään raja-aitoja tutkimusalojen välillä sekä julkisella että yksityisellä sektorilla. Tämä lisää innovatiivisuutta ja tuottaa uusia läpimurtoja tutkimuksessa ja tuotekehityksessä.”

Työryhmän mielestä ”jotta laskennallista tiedettä voidaan täysipainoisesti hyödyntää, osaamista tulee kasvattaa kautta linjan peruskoulusta tutkijoihin ja professoreista toimitusjohtajiin. Lisäksi täytyy huolehtia laskennallisen lähestymistavan tarvitsemien infrastruktuurien rakentamisesta, ylläpidosta ja niiden tukipalveluista. Kansallista ja kansainvälistä yhteistyötä tulee vahvistaa. Lisäksi yliopistojen tulee edistää laskennallisen tieteen tutkijanuramahdollisuuksia.”

Laskennallisissa tieteissä keskitytään matemaattisten mallinnusmenetelmien, todellisuutta jäljittelevien simulointimenetelmien, toimintaa parantavien optimointimenetelmien sekä laajojen tietoaisteistojen hallinnan mahdollistavien tiedonlouhintamenetelmien teoriaan ja käytännön hyödyntämiseen, erityisesti tietokoneanimaatioissa.

Laskennalliset tieteet koostuvat neljästä osa-alueesta:

- mallintamisesta, simuloinnista, optimoinnista ja säätöteoriasta
- datan käsittelystä, analyysistä ja päätöksenteosta
- visualisoinnista
- laskentaympäristöstä

Laskennallisten menetelmien eli analyysin, mallinnuksen, simuloinnin, optimoinnin, data-analyysin ja tiedonhallinnan avulla voidaan hankkia syvempää tietoa eri asioiden riippuvuussuhteista ja hallita tehokkaammin kokonaisuuksia, riskejä ja epävarmuutta.

## 4.2 Big data-analyysi – tieteen neljäs paradigma

ICT 2015 työryhmä toteaa: ”Digitaalisessa maailmassa informaation ja tallennetun tiedon määrä on valtava. Kun yhdistetään älykkäästi ja reaaliajassa näennäisesti turhaa tietoa, pystytään luomaan täysin uudentyyppistä, toimialojen rajoja rikkovaa tietoa. Big data on maailmalla kuuma tutkimuksen ja soveltamisen kohde. Suomen osaaminen tällä alueella on kapeaa, vaikkakin tietyiltä aloilta löytyy huippuosaamista. Big data liittyy läheisesti muihin Suomen kriittisiin avainosaamisalueisiin. Tietoliikenteen osajina olemme perinteisesti käsitelleet suuria datamääriä. Tietoturva on tärkeää kaikissa big data -tyyppisissä sovelluksissa ja tietovarannoista louhittavien tiedonjyvästen integrointi vaatii vahvaa ohjelmisto- ja tietojenkäsittelyosaamista. Julkisella puolella tietovarantojen avaaminen, yhteinen ICT -palveluarkkitehtuuri ja perinteisesti Suomessa hyvin toimiva julkinen – yksityinen -yhteistyö avaa mielenkiintoisia mahdollisuuksia. Suurimmaksi ongelmaksi big data tiedon soveltamisessa ja tietojen avaamisessa toimijat kokevat, että organisaatioilla ei ole riittävästi asiantuntemusta. Organisaatiot tarvitsevat tähän osaajia ja koulutusta.”

### Big Data and the Fourth Paradigm

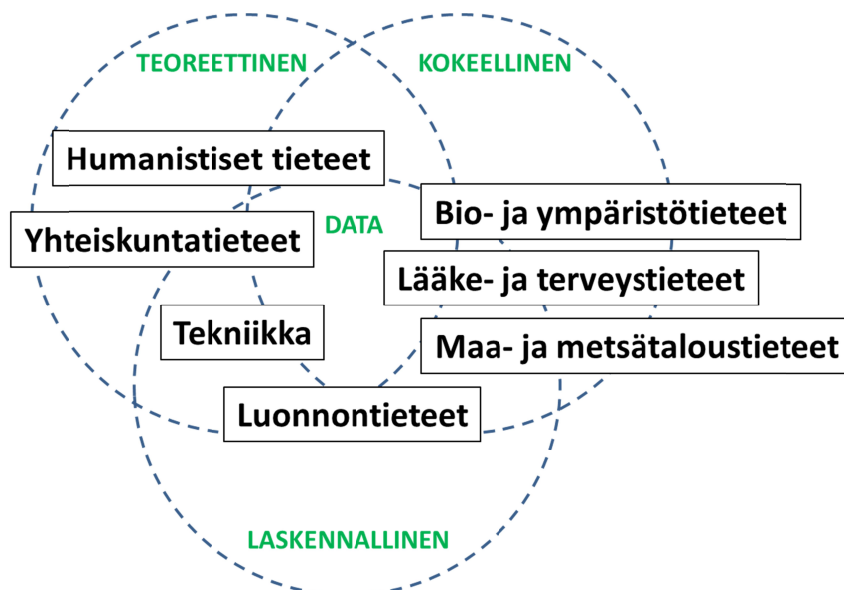
Historically, the two dominant paradigms for scientific discovery have been theory and experiments, with large-scale computer simulations emerging as the third paradigm in the 20th century. In many cases, large-scale simulations are accompanied by the challenges of data-intensive computing. Overcoming the challenges of data-intensive computing has required optimization of data movement across multiple levels of memory hierarchies, and these considerations have become even more important as we prepare for exascale computing. The approaches taken to address these challenges include (a) fast data output from a large simulation for future processing/archiving; (b) minimization of data movement across caches and other levels of the memory hierarchy; (c) optimization of communication across nodes using fast and low-latency net-

works, and communication optimization; and (d) effective co-design, usage and optimization of system components from architectures to software.

Over the past decade, a new paradigm for scientific discovery is emerging due to the availability of exponentially increasing volumes of data from large instruments such as telescopes, colliders, and light sources, as well as the proliferation of sensors and high-throughput analysis devices. Further, data sources, analysis devices, and simulations are connected with current-generation networks that are faster and capable of moving significantly larger volumes of data than in previous generations. These trends are popularly referred to as big data. However, generation of data by itself is of not much value unless the data can also lead to knowledge and actionable insights. Thus, the fourth paradigm, which seeks to exploit information buried in massive datasets to drive scientific discovery, has emerged as an essential complement to the three existing paradigms. The complexity and challenge of the fourth paradigm arises from the increasing velocity, heterogeneity, and volume of data generation.”

Big data -tutkimusmenetelmien kehitys tuo eri tieteenalojen tutkijoille parempia mahdollisuuksia tutkia erilaisia asioita ja löytää ongelmiin myös ratkaisuja. Big Data -tutkimuksen menetelmäkehityksen lisäksi on tärkeää ottaa huomioon monitieteisyys ja edistää eri tieteenalat ylittävää työskentelyä, muun muassa matemaatikkojen, tietojärjestelmätieteilijöiden ja yhteiskuntatieteilijöiden kesken.

Big Data-tutkimuksessa kaikkia tieteenaloja onkin käytettävä hyväksi tieteen neljän paradigman näkökulmasta. Kuviossa 16 on hahmoteltu eri tieteenalojen sijoittumista neljän paradigman alueelle.



KUVA 16 Eri tieteenalat tieteen neljän paradigman kentässä

## 5 KANSALLINEN TUKI TUTKIMUSOHJELMILLE

Julkisen sektorin T&K-menojen osuus BKT:sta on teknologiabarometrin vertailumaista edelleen korkeimmalla tasolla Koreassa, Suomessa, Ruotsissa ja Yhdysvalloissa. Vuoteen 2009 verrattuna selvää trendiä ei eri maissa ole havaittavissa. Suomen osalta huomionarvoista on, että yritysten osuus T&K-menoista on laskenut trendinomaisesti vuodesta 2009 saakka, jolloin se oli korkeimmillaan (2,81 %). Kokonaisuutena julkisen rahoituksen osuus T&K-menoista on ollut hienoisessa nousussa Suomessa, Ruotsissa, Tanskassa ja Yhdysvalloissa. Vastaavasti Alankomaissa, Iso-Britanniassa, Koreassa ja Japanissa osuus on laskenut. Suomessa julkisen rahoituksen osuus on 2000-luvulla vaihdellut 21.8 prosenttiin (2008) ja 26.7 prosenttiin (2012) välillä, eli osuus on Suomessa tällä hetkellä korkeimmillaan 2000-luvun aikana. Reaalisesti tarkasteltuna valtion T&K-rahoitus on vähentynyt Suomessa vuodesta 2011 lähtien.

### 5.1 Suomen Akatemia

Suomen Akatemia suuntaa tutkimusohjelmilla tutkimusta ja tutkimusrahoitusta aloille, joita pidetään keskeisinä tieteelle ja yhteiskunnalle. Tutkimusohjelmilla kehitetään valittuja tutkimusaloja, nostetaan alojen tieteellistä tasoa ja luodaan uudenlaista osaamista. Ohjelmissa korostetaan monitieteistä ja tieteidenvälistä tutkimusotetta sekä kansainvälistä yhteistyötä.

Rahoitettavan tutkimusohjelman tulee vastata tutkimuksen kehittämis- ja uudistamistarpeeseen ja tarpeeseen tuottaa uutta, tieteidenvälistä tietoa sekä lisätä ymmärrystä ja etsiä ratkaisuja tieteellisesti tai yhteiskunnallisesti merkittäväksi koetusta kysymyksestä tai ongelmasta.

Osana valtion tutkimuslaitosten ja tutkimusrahoituksen kokonaisuudistusta Suomen Akatemiaan perustetaan uusi strategisen tutkimuksen neuvosto. Neuvosto rahoittaa ongelmakeskeistä tutkimusta, jonka tavoitteena on löytää ratkaisuja merkittäviin yhteiskunnan haasteisiin ja ongelmiin. Uudistuksen myötä valtioneuvoston ja sen ministeriöiden päätöksentekoa tukevaa tutkimus- ja selvitystoimintaa vahvistetaan kokoomalla tutkimusrahoitusta käytettäväksi valtioneuvoston tekemien linjausten mukaisesti.

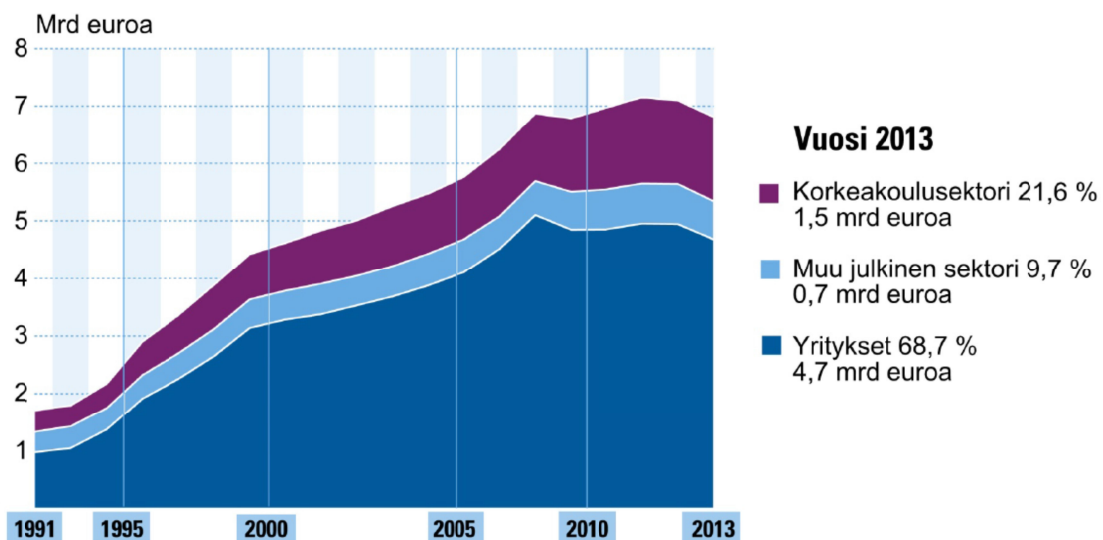
Valtioneuvosto päättää strategisen tutkimuksen neuvoston aloitteesta tutkimusteemat, jotka muokataan tutkimusohjelmiksi. Rahoitusta kohdennetaan tutkimukseen, jonka tarkoituksena on etsiä ratkaisuja merkittäviin yhteiskunnan haasteisiin kuten elinkeinoelämän uudistamiseen ja kilpailukyvyyn parantamiseen, työelämän edistämiseen tai julkisen sektorin kehittämiseen. Tämä mahdollistaa tutkimuksen suuntaami-

sen tutkimuksen katvealueille ja niille tutkimuksen osa-alueille, joilla ei ole tutkimuslaitostoimintaa.

Strategisen tutkimuksen neuvosto päättää itsenäisesti tutkimuksen ohjelmarakenteesta, ohjelmien rahoituksesta ja tutkimushankkeiden valinnasta. Rahoitettavat hankkeet valitaan kilpailun kautta tieteellisen laadun ja tutkimushankkeen yhteiskunnallisen merkittävyyden arvioinnin perusteella.

Strategiseen tutkimusrahoitukseen on käytettävissä noin 57 miljoonaa euroa vuonna 2017. Rahoitus kootaan asteittain vuosina 2015–2017 valtion tutkimuslaitosten tutkimusmäärärahoista, Suomen Akatemian ohjelmaperusteisesta tutkimusrahoituksesta ja Tekesin innovaatio- ja tutkimusrahoituksesta.

Suomen Akatemia käytti vuosina 1991–2013 yhteensä 6.9 miljardia euroa tutkimushankkeisiin. Kuviossa 17 on esitetty Suomen Akatemian rahoituksen kehitys vuosina 1991–2013.



KUVIO 17 Suomen Akatemian rahoituksen kehitys vuosina 1991–2013

## 5.2 Tekes

Tekesin tavoitteena on aikaansaada kasvua ja hyvinvointia uudistumisesta. Tavoitteen saavuttamiseksi se rahoittaa tulevaisuuden edelläkävijöiden tutkimus-, kehitys- ja innovaatioprojekteja ja lupaavimpien nuorten innovatiivisten yritysten toiminnan kehittämistä ja kasvua. Elinkeinoja ja julkista tutkimusta uudistavat edelläkävijät ja kansainvälistä kasvua tavoittelevat yritykset ovat rahoituksen pääkohderyhmät.

Strategiansa sisällöllisillä painopisteillä Tekes suuntaa osan rahoituksestaan aihealueille, jotka tarjoavat merkittäviä uudistumisen ja kasvun mahdollisuuksia. Tekes suuntaa noin puolet rahoituksestaan asiakkaiden, kumppanien ja sidosryhmien kanssa valittu-

jen sisällöllisten painopisteiden mukaan. Painopisteet näkyvät ennen kaikkea Tekesin ohjelmissa ja strategisen huippuosaamisen keskittymien (SHOK) tutkimusohjelmissa. Käynnistettävät Tekesin ohjelmat valitaan siten, että ne eivät mene päällekkäin SHOKien ohjelmien kanssa.

Julkisen tutkimuksen rahoituksessa Tekes painottaa monialaisia ryhmiä, jotka pystyvät luomaan hyvän kasvualustan tutkimuslähtöisille liiketoiminnoille ja yrityksille sekä uusille huippuosaamisen aloille. Yritysten osin rahoittama verkottunut tutkimus rajautuu entistä selvemmin strategian sisällöllisten painopisteiden alueille.

Julkisten palvelujen kehittämiseen Tekes osallistuu valikoivasti kumppanuusohjelmissa palveluista vastaavien ministeriöiden kanssa.

Tekesin strategian mukaisesti rahoitusta kohdennetaan seuraavasti:

- kolmannes yliopistojen, korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten hankkeisiin
- kaksi kolmannesta yritysten tutkimus-, kehitys- ja innovaatioprojekteihin

Sovellusalueiksi valitut sisällölliset painopisteet ovat:

- Luonnonvarat ja kestävä talous
  - Energia- ja raaka-ainetehokkuus
  - Uusiutuvan energian ratkaisut
  - Metsän ja biomassojen uudet ratkaisut
  - Mineraalivarojen hyödyntämisen ja veden käytön kestävä ratkaisut
- Elinvoimainen ihminen
  - Terveysten edistäminen
  - Tehokas ja laadukas sosiaali- ja terveystalouden järjestelmä
  - Uudistava, voimavaroja edistävä työ ja oppiminen
  - Elämyksellinen vapaa-aika
- Älykäs rakennettu elinympäristö
  - Älykkäät energijärjestelmät ja kestävä materiaalitalous
  - Elinvoimainen ja turvallinen digitaalisuutta hyödyntävä yhdyskunta
  - Käyttäjien tarpeisiin mukautuvat tuotteet, palvelut ja prosessit

Kaikkien toimialojen yhteisinä menestystekijöinä toimivat sisällölliset painopisteet:

- Liiketoiminta globaaleissa arvoverkkoissa
  - Radikaalia uudistumista liiketoimintakonsepteilla
  - Innovaatiotoiminnan monet muodot
- Ratkaisukeskeiset palvelut ja aineettomat sisällöt arvonluojina
  - Arvon luonnin uudet aineettomat muodot
  - Globaalisti skaalautuvat, paikallisesti räätälöidyt kokonaisratkaisut
- Digitaalisuus palvelujen ja tuotannon uudistajana
  - Reaaliprosessien ohjauksen uudet muodot
  - Tietoon perustuvat liiketoimintakonseptit

- Reaalimaailman ja virtuaalisen maailman yhdistelmät

Kuviossa 18 on esitetty Tekesin sisällölliset painopisteet ja yhteiset menestystekijät.



KUVIO 18 Tekesin sisällölliset painopisteet

### 5.3 Turvallisuustutkimuksen toimeenpano-ohjelma

Valtioneuvoston periaatepäätös valtion tutkimuslaitosten ja tutkimusrahoituksen kokonaisuudistukseksi linjaa, että yhteiskuntapolitiikan valmistelun, päätöksenteon ja toimeenpanon tulisi perustua tutkittuun tietoon. Tämä tavoite ohjaa myös turvallisuustutkimuksen kehittämistä.

Tutkimustoiminnan yhteistyötä koordinoidaan ja valmistellaan Turvallisuuskomiteassa edustettujen ministeriöiden tutkimushallintoyksiköistä tai vast. koostuvassa turvallisuustutkimuksen yhteistyöryhmässä. Yhteistyöryhmä perustetaan osana laajempaa kansallista turvallisuustutkimuksen koordinoitua. Yhteistyöryhmän toiminnan periaatteet ja vastuut määritellään yhteistyöryhmän ensimmäisessä kokouksessa. Turvallisuustutkimuksen asioiden valmistelussa huolehditaan siitä, että tutkimuksen kannalta olennaisia tahoja kuullaan säännöllisesti.

Yhteistyöryhmä tekee kerran vuodessa Turvallisuuskomitealle esityksen kokonaisturvallisuutta tukevista pitkän aikavälin strategisista tutkimuskokonaisuuksista ja lyhyen aikavälin tutkimustarpeista. Lisäksi yhteistyöryhmä arvioi tutkimustoiminnan vaikuttavuutta. Turvallisuuskomitea antaa suosituksen yhteistyöryhmän laatiman esityksen pohjalta.



Turvallisuustutkimuksen strategiset kokonaisuudet kuvaavat poikkihallinnollista tutkimustarvetta ja linjaavat yhteisen tutkimuksen pääsuunnat. Kolmen strategisen tutkimuskokonaisuuden teemat ovat suuntaa-antavia esimerkkejä, jotka tarkentuvat prosessin kehittyessä. Kokonaisuuksissa huomioidaan Yhteiskunnan turvallisuusstrategian mukaisesti kaikki elintärkeät toiminnot, kuten kansainvälinen toiminta, kriittinen infrastruktuuri ja huoltovarmuus.

Tutkimusteemoja ovat:

#### 1) Turvallisuus ja hyvinvointi

Osa-alue keskittyy yksilöön osana yhteiskuntaa ja suomalaisen yhteiskunnan kehityskulkuihin esim. arvoihin, asenteisiin, turvallisuuskäsitykseen, omatoimiseen varautumiseen sekä käyttäytymiseen häiriö- japoikkeusoloissa.

#### 2) Yhteiskunnan toimivuus

Osa-alue keskittyy tietoyhteiskunnan toimivuuden, varautumisen sekä sietokyvyn kannalta keskeisiin ilmiöihin ja kehityskulkuihin esim. globaaleihin muutoksiin ja rakenteisiin, kansainvälisten keskinäisriippuvuuksien ja riippuvuuksien turvallisuusimplikaatioihin sekä yhteiskunta-, elinkeino- ja osaamisrakenteisiin.

#### 3) Turvallisuuden johtaminen

Osa-alue painottuu tietoyhteiskunnan turvallisuuden johtamisen toimintatapojen, prosessien sekä teknisten järjestelmien kehittämisen kannalta keskeisille osa-alueille.

## 5.4 Maanpuolustuksen tieteellinen neuvottelukunta MATINE

Maanpuolustuksen tieteellinen neuvottelukunta (MATINE) toimii sotilaallisen maanpuolustuksen tutkimuksen sekä turvallisuustutkimuksen edistämiseksi. Tätä tarkoitusta varten MATINE rahoittaa tieteellisiä tutkimushankkeita, joilla pyritään uusiin avauksiin ja innovaatioihin neuvottelukunnan toimialalla. Tehtäväänsä toteuttaessaan MATINE priorisoi omassa tutkimustoiminnassaan sotilaallisen maanpuolustuksen ja kokonais-turvallisuuden välisen suhteen seuraavasti:

- MATINEn ensisijainen tehtävä on sotilaallista maanpuolustusta tukeva tutkimus, joka käsittää tuen kaikille puolustusvoimien lakisäätöisille tehtäville. MATINEn rahoittaman tutkimuksen pääasiakkaana ovat puolustusvoimat ja puolustushallinto kokonaisuudessaan.
- Laajempi myös muita turvallisuusviranomaisia tai toimijoita hyödyttävä tutkimuksen monikäyttöisyys luetaan eduksi. Turvallisuustutkimuksen viitekehyksen kautta tutkimuksella pyritään edistämään yhteiskunnan kokonaisturvallisuutta sekä turvallisuusviranomaisten yhteistyötä sisältäen kaikki yhteiskunnan turvallisuusstrategian (YTS) kattamat alueet.

# OSA II KOULUTUS

## 6 KANSAINVÄLINEN VIITEKEHYS 2000-LUVUN DIGITAALISILLE TAIDOILLE

Viime vuosina 2000-luvun osaamista (21st Century Skills) on määritetty useissa kansainvälisissä työryhmissä. Eri maiden opetusministeriöiden ja globaalien yritysten käynnistämässä ”*Assessment and Teaching of 21st Century Skills*” -ohjelmassa kansainvälinen asiantuntijaryhmä laati ns. KSAVE-viitekehysten, jossa 2000-luvun taidot jäsen-tyvät neljään taitoalueeseen, jotka ovat ajattelun tavat, työskentelyn tavat, työskente-lyn välineet ja eläminen maailmassa (taulukko 2). Tämä viitekehysten perustaksi analy-soitiin ja yhdistettiin kattava joukko olemassa olevia taitomääritelmiä.

TAULUKKO 2 KSAVE-viitekehys

Taitoalue	Taito
Ajattelun tavat	Luovuus ja innovatiivisuus Kriittinen ajattelu, ongelmanratkaisu Oppimaan oppiminen
Työskentelyn tavat	Kommunikointi Yhteistoiminta
Työskentelyn välineet	Informaation lukutaito Tietotekniikan käyttö
Eläminen maailmassa	Kansalaisuus – paikallinen ja globaali Elämä ja työura Henkilökohtainen ja sosiaalinen vastuullisuus – sisältäen kult-tuurisen tietoisuuden ja osaamisen

### 6.1 EU:n asettamia tavoitteita

#### 6.1.1 Tietotekniset taidot 2000-luvulla (2007)

EU komissio julkaisi vuonna 2007 tiedonannon, jossa käsitellään tietoteknisten taitojen edistämistä. Tiedonannon mukaan innovaatio ja tieto- ja viestintäteknisten taitojen omaksuminen ovat kasvuun ja työllisyyteen tähtäävän strategian keskeisiä osatekijöitä. Tieto- ja viestintäteknikan panos Euroopan talouteen on ratkaisevaa tuottavuuden sekä tietovaltaisten tuotteiden ja palvelujen kehittymiselle. Kaikkien asiaan liittyvien tahojen on aktiivisesti pyrittävä parantamaan tieto- ja viestintäteknisiä taitoja, jotta pystytään täyttämään kasvava tarve tietotekniikan huipputaajista ja taitavista käyttä-jistä sekä vastaamaan teollisuuden nopeasti muuttuviin vaatimuksiin ja varmistamaan, että jokaisella on elinikäisen oppimisen edellyttämä digitaalinen lukutaito.

Perinteiseen lukutaidon käsitteeseen on sisällytettävä kaikki osaamisyhteiskunnassa edellytettävät tietotekniikka- ja mediataidot. Eurostatin luvuista ilmenee, että 37 prosentilla EU:n väestöstä ei ole minkäänlaisia tietokonetaitoja. Lisäksi tietotekniset perustaidot puuttuvat yli 60 prosentilta niistä, jotka ovat käyneet vain peruskoulun (vuonna 2007). Tietoteknisten taitojen puute estää näitä ihmisiä hyödyntämästä verkko-kaupan tai sähköisen hallinnon sovelluksia ja osallistumasta tietoyhteiskuntaan täysimääräisesti. Lisäksi tietoteknisten taitojen puute pahentaa yhteiskunnan ja koulutuksen kannalta epäsuotuisia olosuhteita estäen elinikäisen oppimisen ja taitojen kohentamisen.

### 6.1.2 e-Skills for the 21 century (2007)

Kaikkien kansalaisten pitäisi helposti päästä tietotekniikan koulutukseen. Tämä tavoite tukee Euroopan komission vuoden 2007 julkaisussa "*e-Skills for the 21 century*", linjattuja tavoitteita. Niiden mukaan digiosaaminen täytyy integroida perusopetukseen. Tämän vuoksi on tehostettava tiedeaineiden, erityisesti matematiikan ja fysiikan opetusta. Digiosaaminen avaa nuorille valtavan määrän erilaisia mahdollisuuksia jatko-opiskelun ja työelämän näkökulmasta.

### 6.1.3 EU digitaalistrategia (2010) ja (2012)

Euroopan komission vuoden 2010 digitaalistrategian mukaan "on olennaisen tärkeää, että Euroopan kansalaisia opetetaan käyttämään TVT:tä ja digitaalisia viestimiä; erityisen tärkeää on houkutella nuoria TVT-koulutukseen." Tavoitteena on TVT-ammattilaisten ja sähköisen liiketoiminnan taitojen eli innovoinnin ja kasvun edellyttämien digitaalisten taitojen tarjonnan lisääminen ja tason parantaminen. Tämä edellyttää eri sidosryhmien kumppanuuksia, opetuksen lisäämistä, digitaalisten taitojen tunnustamista virallisissa opetus- ja koulutusjärjestelmissä, tiedotuksen parantamista sekä tuloksellista TVT-koulutusta ja -sertifiointia virallisten koulutusjärjestelmien ulkopuolella, mukaan luettuna verkkotyökalujen ja verkkomedian käyttö uudelleenopetuksessa ja ammattitaidon ylläpitämisessä."

Digitaalistrategiassa komissio esitti seuraavia digiosaamista tukevia toimintoja:

1. Ehdotetaan digitaalista lukutaitoa ja osaamista yhdeksi Euroopan sosiaalirahastoa koskevan asetuksen (2014–2020) ensisijaiseksi alaksi.
2. Kehitetään vuoteen 2012 mennessä eurooppalaiseen tutkintojen viitekehykseen ja Europass-todistukseen liittyviä välineitä TVT-ammattilaisten ja -käyttäjien taitojen määrittelyä ja tunnustamista varten sekä kehitetään TVT-ammattitehtävien koskeva eurooppalainen kehys TVT-ammattilaisten taitojen ja liikkuvuuden lisäämiseksi kaikkialla Euroopassa
3. Tehdään digitaalisesta lukutaidosta ja osaamisesta yksi painopistealue vuonna 2010 käynnistettävässä "Uudet taidot uusia työpaikkoja varten" -lippulaivahankkeessa.

Kaiken tämän saavuttamiseksi jäsenmaiden tulee toteuttaa pitkän tähtäimen suunnitelmia digiosaamisen ja digilukutaidon saralla sekä ottaa sähköinen oppiminen mukaan kaikkeen opetuksen ja koulutuksen suunnitteluun, kuten opetussuunnitelmiin, oppimistulosten arviointiin ja opettajien jatkokoulutukseen.

Vuonna 2012 EU-komissio julkaisi uuden tiedonannon, jossa määriteltiin digitaalistrategialle uusi tavoite: digitaalitalouden tehostaminen keskeisillä aloilla toteutettavilla toisiaan vahvistavilla ja täydentävillä toimenpiteillä. Näistä yhden mukaan ”parannetaan digitaalista lukutaitoa ja sen leviämistä TVT-alan ammattilaisten kysynnän ja tarjonnan välisen kuilun kuromiseksi umpeen.” Tiedonannon mukaan ”digitaalisen osaamisen olisi oltava erottamaton osa kaikkea ammatillista koulutusta, yritysalan koulutusta ja elinikäisen oppimisen ohjelmia, jotta voidaan varmistaa, että sekä uudet sukupolvet että työelämässä tällä hetkellä olevat pystyvät hankkimaan tarvitsemaansa osaamista.” Tiedonanto edelleen näki ongelmaksi, että Euroopassa jää vuoteen 2015 mennessä täyttämättä 700 000–1 000 000 TVT-alan työpaikkaa ammattitaitoisen henkilöstön puuttumisen vuoksi. Pahimman skenaarion mukaan Eurooppaa saattaa kohdata lähes 900 000 ICT-ammattilaisen puute vuoteen 2020 mennessä, vaarantaen sen kasvun ja digitaalisen kilpailukyvyn saavuttamisen.

#### 6.1.4 Digiosaamista Euroopan työmarkkinoille (2013)

Euroopan komissio totesi vuoden 2013 lopulla, että ”kaikkien kansallisten hallintojen tulisi ottaa käyttöön pitkän aikavälin strategia, johon liittyvät selkeät tavoitteet ja toimenpiteet, varmistaakseen digiosaamishaasteeseen vastaamaan pystyvien, menestyvien toimintojen ja kumppanuuksien kestävyys. Jotta vahvistettaisiin yhdyssidettä digiosaamisen kehittämisen, yrittäjyyden edistämisen ja kasvuun ja työllisyyteen johtavan innovaation välillä, kaikki mahdollinen olisi tehtävä digiosaamisen sisällyttämiseksi koulutuksen, harjaannuttamisen, innovaation ja yrittäjyyden toimintalinjoihin, EU:n, jäsenvaltion ja alueellisella/paikallisella tasolla.”

#### 6.1.5 Grand Coalition for Digital Jobs (2013)

Vuoden 2012 digitaalistrategian perusteella EU-komissio käynnisti hankkeen (Grand Coalition for Digital Jobs), jossa kaikki julkiset ja yksityiset toimijat yhdessä ryhtyvät toimenpiteisiin, joilla houkuteltaan nuoria ICT-koulutukseen ja uudelleen koulutetaan työttömiä ihmisiä. Davosin World Economic Forumissa tammikuussa 2014 Euroopan komission presidentti José Manuel Barroso ja varapresidentti Neelie Kroes kannustivat valtioiden johtoa lisäämään alan koulutuspaikkoja. Davosissa saatiin aikaan Davos Declaration on the Grand Coalition for Digital Jobs. Hankkeessa digitaalistrategian toimenpiteisiin yhdistetään koulutukseen ja oppimiseen, e-osaamiseen ja työllistymiseen liittyviä toimenpiteitä.

Kuvassa 19 on esitetty Grand Coalition for Digital Jobs -hankekartta.



KUVA 19 Grand Coalition for Digital Jobs -hankekartta

Lisäksi Euroopan neuvosto kehotti päätelmissään 25. lokakuuta 2013 "pitemmälle menevään digiosaamisen sisällyttämiseen koulutukseen, alakoulusta korkeampaan opetukseen, ammattikoulutukseen ja harjaannuttamiseen ja elinikäiseen oppimiseen".

## 6.2 Tieto- ja viestintäteknisen osaamisen parantaminen

INSEAD:n eLabin mukaan Euroopan tulee vastata tieto- ja viestintäteknisen osaamisen haasteisiin kolmella tasolla: (1) lukutaito ja perusosaaminen, mukaan lukien digiosaaminen, matematiikka ja luonnontieteet; (2) työelämässä tarvittavat taidot, jotka saadaan opetusjärjestelmän puitteissa mutta yhä enemmän myös työn ohessa; (3) globaalin tietotalouden taidot, jotka ovat vähemmän konkreettisia ja liittyvät ryhmänjohtami-

seen ja muutosten ennakoimiseen ja ovat ratkaisevan tärkeitä innovoinnin kannalta. Kuvassa 20 on esitetty INSEAD:n eLabin digiosaamispyramidi.



KUVA 20 INSEAD:n eLabin muotoilema digiosaamispyramidi

Kansainvälinen ITL-tutkimus (Innovative Teaching and Learning) osoitti selvän yhteyden opetuksen innovatiivisuuden ja 2000-luvun taitojen oppimisen. Opetuksen innovatiivisuus määrittyi kolmen osa-alueen - oppilaslähtöisen pedagogiikan, opetuksen laajentamisen luokkahuoneen ulkopuolelle sekä tietotekniikan integroinnin opetukseen ja oppimiseen – perusteella. Tulokset osoittivat, että valtaosa oppilaista on yhä perinteisessä informaation käyttäjän asemassa sen sijaan, että olisivat ongelmanratkaisijoita, innovoijia ja sisällöntuottajia. Vaikka tietotekniikan käyttö opetuksessa yleistyy, monessa koulussa oppilaiden tietotekniikan käyttö oppimisessä on yhä poikkeus.

Vastaavasti kansainvälisessä SITES-tutkimuksessa todettiin, että tietotekniikan opetus- ja käyttö saa aikaan vahvempaa suuntautumista 2000-luvun oppimistaitoihin. Tietotekniikan käytön vaikutus oppilaisiin on vahvasti yhteydessä opettajan pedagogiseen suuntautumistapaan. Opettajien pedagogisessa suuntautumisessa on tärkeää ymmärrys 2000-luvun oppimiseen kohdistuvista muuttuvista vaatimuksista, elinikäisen oppimisen orientaatio, valmius yhteisöllisten ja tutkimussuuntautuneiden oppimistehtävien toteuttamiseen sekä avoimien ja linkittyneiden oppimisympäristöjen luominen sekä opettajan ohjaava rooli.

Suomessa tieto- ja viestintäteknikan opetus- ja käytön edistäminen on perustunut kansallisiin tietostrategioihin. Pääperiaatteita suomalaisissa tietostrategioissa on ollut se, että kaikille kansalaisille taataan tasa-arvoinen pääsy uuden teknologian välittämään tietoon, mahdollisuudet uusien taitojen hankkimiseen, ihmisten rohkaiseminen tietotekniikan käytössä sekä käyttäjälähtöisen teknologian kehittäminen. Vastaavasti koulutussektorin strategiset tavoitteet ovat keskittyneet tietotekniikan käyttömahdollisuuksiin, tietoteknisiin taitoihin ja tekniseen tukeen. Strategiset painotukset ovat saaneet aikaan suuria investointeja sekä koulujen tietoteknisiin resursseihin että opettajien

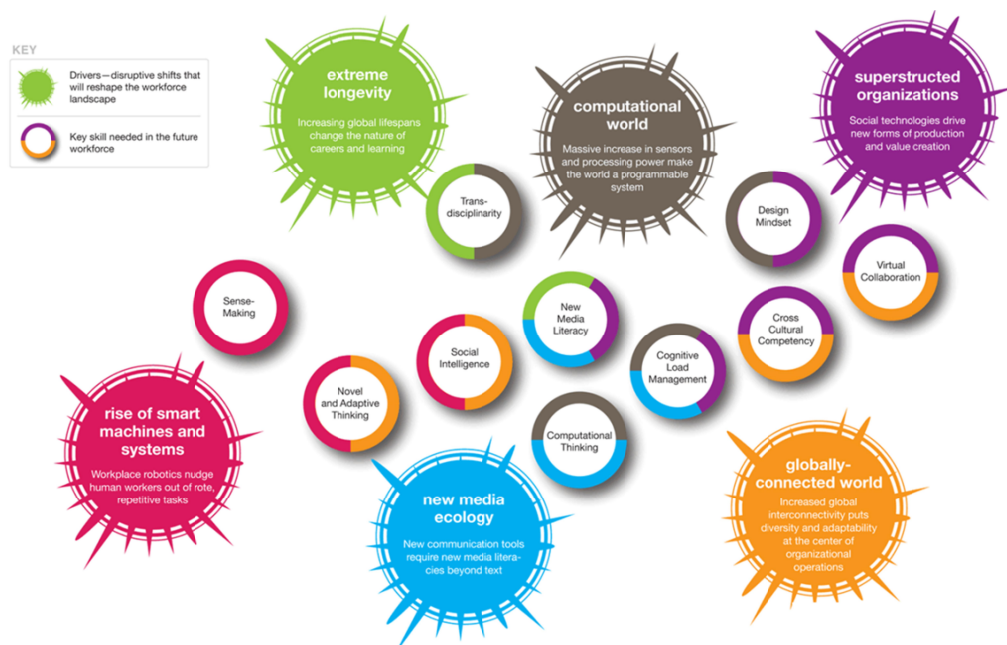
tietoteknisen osaamisen kehittämiseksi. Näiden tavoitteiden toteuttamiseksi on resursseja suunnattu etenkin laitehankintoihin, koulujen väliseen verkottumiseen, tekniseen tukeen, opettajien koulutukseen, teknologiaperustaisten oppimisympäristöjen kehittämiseen sekä innovatiivisten oppimateriaalien tuottamiseen.

Phoenixin yliopiston tulevaisuusyksikkö on tutkinut tulevaisuuden työssä tarvittavia osaamisalueita. Keskeisenä osaamisena on esille noussut mm. merkityksellistäminen, sosiaalinen älykkyys, luova, uudistava ja sopeutuva ajattelu sekä laskennallinen ajattelu ja tiedonkäsittelykyvyt. Raportti esitti seuraavia tulevaisuuden työssä tarvittavia osaamisalueita:

1. Merkityksellistäminen. Kyky nähdä asioiden ja ilmausten merkitys ja kulttuurinen konteksti. Taito soveltaa kykyä käytännön työhön. Kaiken luovan työn perustaito.
2. Sosiaalinen älykkyys. Kyky muodostaa ihmisiin suora ja välitön yhteys. Kyky aistia tunnetiloja ja stimuloida reaktioita sekä luoda yhteyksiä ja toivottua ilmapiiriä ihmisten välille.
3. Luova, uudistava ja sopeutuva ajattelu. Kyky siirtyä mekaanisista rutiineista ja totunnaisista säännöistä vapaaseen, itsenäiseen ja tuoreeseen ajatteluun.
4. Kulttuurienvälisyys. Kyky toimia erilaisissa kulttuurisissa ympäristöissä ja viitekehyksissä.
5. Laskennallinen ajattelu ja tiedonkäsittelykyvyt. Kyky muuntaa ja koostaa valtavia datamääriä abstrakteiksi käsitteiksi ja ymmärtää tietokantoihin ja raakadataan perustuvaa päättelyä.
6. Uusmedialukutaito. Kyky arvioida ja kehittää uusien mediamuotojen sisältöä sekä jalostaa ja hyödyntää näitä innostavaan ja stimuloivaan kommunikaatioon ja tiedonvälitykseen.
7. Alojenvälisyys. Kyky ymmärtää eri alojen ja "kenttien" kieltä ja käsitteitä.
8. Design-ajattelu. Kyky suunnitella ja kehittää työympäristöä, työtehtäviä ja -prosesseja jatkuvasti siten, että ne palvelevat parhaiten kussakin tehtävässä vaadittavaa ajattelua ja työskentelytapaa.
9. Informaatioähkyn hallinta. Kyky suodattaa esiin tärkeä informaatio eri työkalujen ja tekniikoiden avulla. Kyky hahmottaa kokonaisuuksia informaatiotulvasta.
10. Virtuaalisen yhteistyön taidot. Kyky työskennellä tuottavasti, edistää sitoutumista ja osallistumista sekä olla läsnä virtuaalisessa tiimissä.

Kuvassa 21 on esitetty Phoenixin yliopiston tulevaisuusyksikön näkemys tulevaisuuden taidoista.





KUVA 21 2020-luvun taidot

Yksi keskeisistä työelämän kompetensseista on teknologiaosaaminen. Teknologiaosaamisessa on kysymys ihmisen suhteesta ja asennoitumisesta teknologiaan ja käytettävissä oleviin tekniikoihin sekä niiden hallinta. Teknologiaosaamiseen kuuluu sen alueen teknologian tunteminen, mikä kussakin ammatissa on relevanttia. Lisäksi ubiikissa digitaaliyhteiskunnassa ICT-osaaminen on välttämättömyys. Tähän tulee lisätä vielä sosiaalisen median tuntemus.

## 7 LASKENNALLISEN AJATTELUN MAHDOLLISUUDET

### 7.1 Laskennallisen ajattelun lähtökohta

Laskennallinen ajattelu (computational thinking) on viime vuosina nostettu yhdeksi olennaiseksi kaikkien kansalaisten osaamisalueeksi. Monet asiantuntijajärjestöt ja visiointifoorumit eri puolilla maailmaa, mutta etenkin Yhdysvalloissa, Englannissa ja Alankomaissa ovat tuoneet vahvasti esille laskennallisen tieteen nostamisen osaksi eri kouluvaiheiden opetussuunnitelmaa. Esimerkiksi kansainvälinen EduSummit 2013 määrittäi laskennallisen ajattelun yhdeksi kahdeksasta koulutuksen kehittämisen strategisesta tavoitteesta. Kansainväliset tietotekniikan opetuksen järjestöt ISTE (The International Society for Technology in Education) ja CSTA (Computer Science Teachers Association) ovat yhteistyössä eri alojen asiantuntijoiden kanssa laatineet viitekehyksen ja käsitteistön laskennalliselle ajattelulle yleissivistävässä opetuksessa.

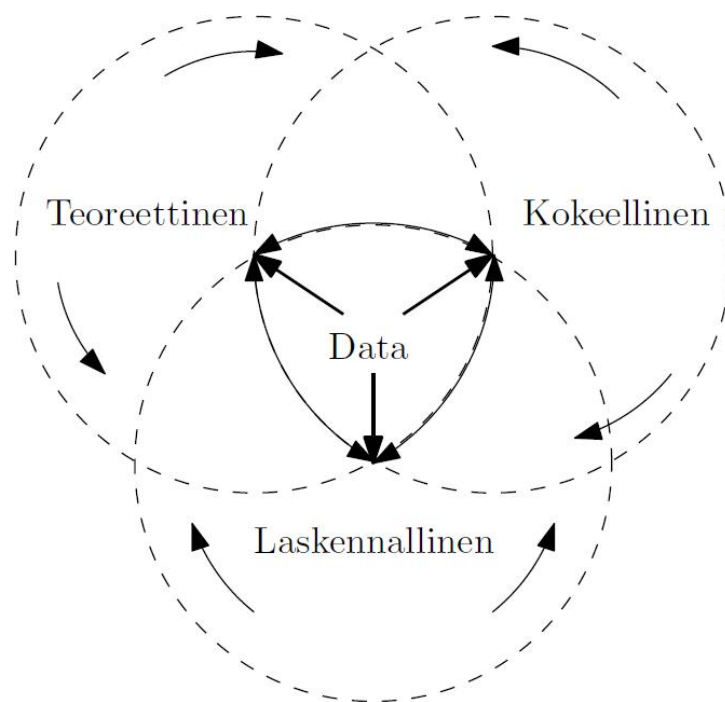
Laskennallisen ajattelun nähdään olevan sellainen taito, jonka oppimiseen jokaisella lapsella tulisi olla mahdollisuus. Se on yhteydessä moniin 2000-luvun osaamisalueisiin, kuten ongelmanratkaisuun, kriittiseen ajatteluun, tuottamiseen ja luovuuteen. Laskennallinen ajattelu liittyy myös olennaisesti tieto- ja viestintätekniikan (ICT) nopeaan kehitykseen. ICT:n ydinominaisuuksia ovat yhä tiivistyvät yhteydet, eksponentiaalinen datantuotanto ja teknisten elementtien yhä suurempi riippuvuus toisistaan – oli kyse sitten ohjelmistoista, palveluista, datasta tai laitteista. Yhteiskunnan nopea digitalisointuminen on tuonut haasteita myös koululaitokselle. ICT-alan voimakas kehittyminen on muuttanut ammatteja niin nopeasti, että valmistuttuaan osa opiskelijoista ei ole riittävän ammattitaitoisia kehittämään yhteiskuntaa ja ICT-alaa vallitsevien trendien vaatimusten mukaisesti.

Opetusministeriön työryhmän mukaan ”laskennallisen tieteen kehittäminen on strategisesti tärkeää Suomen kilpailukyvyille. Laskennallisella lähestymistavalla voidaan lisätä ymmärrystä yhteiskunnallisesti merkittävillä alueilla. Laskennallinen lähestymistapa vahvistaa moni- ja poikkitieteellistä tutkimusta sekä nopeuttaa ja tehostaa tuotekehitystä. Samalla vähennetään raja-aitoja tutkimusalojen välillä sekä julkisella että yksityisellä sektorilla. Tämä lisää innovatiivisuutta ja tuottaa uusia läpimurtoja tutkimuksessa ja tuotekehityksessä.”

Työryhmän mielestä ”jotta laskennallista tiedettä voidaan täysipainoisesti hyödyntää, osaamista tulee kasvattaa kautta linjan peruskoulusta tutkijoihin ja professoreista toimitusjohtajiin. Lisäksi täytyy huolehtia laskennallisen lähestymistavan tarvitsemien infrastruktuurien rakentamisesta, ylläpidosta ja niiden tukipalveluista. Kansallista ja kansainvälistä yhteistyötä tulee vahvistaa.”

ICT 2015 työryhmä toteaa: ”Digitaalisessa maailmassa informaation ja tallennetun tiedon määrä on valtava. Kun yhdistetään älykkäästi ja reaaliajassa näennäisesti turhaa tietoa, pystytään luomaan täysin uudentyyppistä, toimialojen rajoja rikkovaa tietoa. Big data on maailmalla kuuma tutkimuksen ja soveltamisen kohde. Big data liittyy läheisesti muihin Suomen kriittisiin avainosaamisalueisiin. Tietoliikenteen osaajina olemme perinteisesti käsitelleet suuria datamääriä. Suurimmaksi ongelmaksi big data tiedon soveltamisessa ja tietojen avaamisessa toimijat kokevat, että organisaatioilla ei ole riittävästi asiantuntemusta. Organisaatiot tarvitsevat tähän osaajia ja koulutusta.”

Kuvassa 22 on esitetty tieteen neljä paradigmaa, jotka toisiinsa liittyvinä ja vuorovai-  
kutteisina muodostavat kiinteän kokonaisuuden



KUVA 22 Tieteen neljä paradigmaa

Suomen osalta on tapahtunut nopea murros tutkimusparadigmojen asettelussa. Lähes kaikilla tieteen aloilla tehdään tutkimusta laskennallisilla menetelmillä kokeellisten ja teoreettisten menetelmien lisäksi. Suomen kilpailukyvyyn kannalta laskennallisten tieteiden kehittäminen on strategisesti tärkeää.

Laskennallisissa tieteissä keskitytään matemaattisten mallinnusmenetelmien, todellisuutta jäljittelevien simulointimenetelmien, toimintaa parantavien optimointimenetelmien sekä laajojen tietoa-aineistojen hallinnan mahdollistavien tiedonlouhintamenetelmien teoriaan ja käytännön hyödyntämiseen, erityisesti tietokoneanimaatioissa. Laskennallisten menetelmien eli analyysin, mallinnuksen, simuloinnin, optimoinnin, data-analyysin ja tiedonhallinnan avulla voidaan hankkia syvempää tietoa eri asioiden riippuvuussuhteista ja hallita tehokkaammin kokonaisuuksia, riskejä ja epävarmuutta.

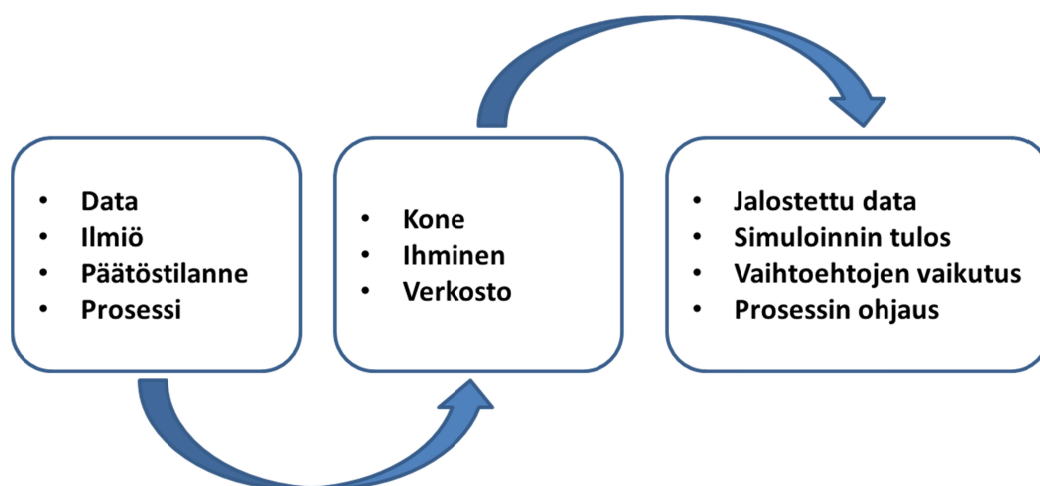
## 7.2 Laskennallisen ajattelun periaatteet

Laskennallinen ajattelu on mahdollisuus tehostaa digitaalisten taitojen opettamista ja oppimista eri koulutustasoilla. Laskennallisen ajattelun filosofinen perusta, sisältö ja toimintalogiikka kumpuavat tieteellisestä laskennasta ja tietojenkäsittelytieteistä. Se on geneerinen ajattelumalli, jolla haetaan uutta tapaa jäsenellä uudenlaista "kokonaisvaltaisen oppimisen mallia". Olennaista on se, miten erotetaan laskennallisen ajatteluun sisältyvä kognitiivinen toiminta siitä, että pelkästään työskennellään tietokoneella tai muulla digitaalisella työvälineellä. Esimerkiksi tekstinkäsittelyssä tai nettisivujen tekemisessä käytetään digitaalista teknologiaa, mutta ne eivät välttämättä sisällä laskennalliselle ajattelu ominaista käsitteellistämistä.

Tietojärjestelmätieteen professori Jeannette M. Wing Carnegie Mellon University:stä määritteli vuonna 2006 artikkelissaan laskennallisen ajattelun seuraavasti:

*"Computational Thinking is the thought processes involved in formulating problems and their solutions so that the solutions are represented in a form that can be effectively carried out by an information-processing agent."*

Laskennallinen ajattelu kuvaa toimintaa ongelman määrittelyssä ja ratkaisun hahmottamisessa. Ratkaisun voi saavuttaa ihminen tai kone tai yleisemmin ihmisen ja koneen eri yhdistelmät (ks. kuva 23). Computation (suomeksi laskenta) on yleinen informaation käsittelyä kuvaava termi. Se sisältää laajan alueen inhimillisestä ajattelusta tietokonelaskentaan. Sanalla laskenta tarkoitetaan tässä yhteydessä hyvin määritellyn formaalin mallin olemusta ja sitä, kuinka se voidaan ilmaista algoritmilla, protokollalla, verkko-rakenteella tms.



KUVA 23 Laskennallinen prosessi

Laskennallinen ajattelu nivoutuu moniin 21. vuosituhannen taitoihin. Se on joukko taitoja, ongelman ratkaisun tekniikoita, jotka ovat peräisin laskennallisuuden yleisestä

luonteesta, eli kuvaavat ajatteluprosessia yleensä. Siihen liittyy sosiaaliset taidot kuten tiimityö ja alakohdaiset ongelmanratkaisun taidot kuten algoritmiajattelu ja rekursiivisuuden ymmärtäminen. Laskennalliseen ajatteluun voidaan liittää seuraavia ajattelu-tapoja:

- Tieteellinen ajattelu (Scientific Thinking)
- Looginen ajattelu (Logical Thinking)
- Algoritminen ajattelu (Algorithmic Thinking)
- Rinnakkaisajattelu (Parallel Thinking)
- Tehokkaat ratkaisut (Efficient Solutions)
- Innovatiivinen ajattelu (Innovative Thinking)

Laskennallisessa ajattelussa ongelma ja ratkaisu tulee käsittää hyvin laajasti. Laskennallinen ajattelu sopii sekä matemaattisesti hyvin määriteltyihin ongelmiin, että reaali-maailman ongelmiin, joiden ratkaisut saattavat olla suurien ja monimutkaisten ohjel-mistosysteemien muodossa. Näin laskennallinen ajattelu liittyy loogisen ajattelun ja systeemijattelun kanssa. Se sisältää algoritmisen ajattelun ja rinnakkaisajattelun, jot-ka vuorostaan liittävät laskennalliseen ajatteluun muita ajatteluprosesseja, kuten me-netelmäajattelun ja rekursiivisen ajattelun.

Laskennallista ajattelua käytetään ongelmien ja niiden ratkaisujen määrittelyssä ja ana-lyysissä sekä niiden laaja-alaisessa tulkinnessa. Kaikkein tärkeimpänä ylätasoin pros-esina laskennallisessa ajattelussa on abstraktioprosessi. Abstraktiota käytetään ongel-matilanteen ja sen parametrien määrittelyssä.

Kansainväliset ISTE- ja CTA-järjestöt määrittävät laskennallisen ajattelun ongelmanrat-kaisuprosessiksi, joka sisältää seuraavia tunnusmerkkejä (<http://www.iste.org/learn/computational-thinking>):

- Ongelman muotoilu siten, että sen ratkaiseminen antaa mahdollisuuden tieto-koneen ja muiden työvälineiden käyttöön.
- Datan looginen organisointi ja analysointi.
- Datan abstrahointi sekä esittäminen mallien ja simulaatioiden avulla.
- Ratkaisuiden automatisointi algoritmisen ajattelun avulla.
- Mahdollisten ratkaisuiden identifiointi, analysointi ja toteuttaminen siten, että saavutetaan tehokkain yhdistelmä vaiheita ja resursseja.
- Ongelmanratkaisuprosessin yleistäminen ja siirtäminen erilaisiin ongelmiin.

Laskennallisessa ajattelussa ei ole kysymys siitä, että saadaan ihmiset ajattelemaan kuin tietokoneet vaan pikemminkin taidosta käyttää laajaa skaalaa erilaisia inhimillisen ajattelun työkaluja ratkaistaessa tietojenkäsittelyn avulla monimutkaisia inhimillisiä ongelmia. Laskennallisen ajattelun keskeisiä kohtia ovat:

- 1) Se on keino ratkaista ongelmia ja suunnitella järjestelmiä, joissa käytetään hy-väksi tietojenkäsittelytieteelle olennaisia käsitteitä

- 2) Se tarkoittaa abstraktion eri tasojen luomista ja käyttämistä ja auttaa siten ymmärtämään ja ratkaisemaan ongelmia tehokkaammin
- 3) Se tarkoittaa algoritmiajattelua ja kykyä soveltaa matemaattisia käsitteitä ja malleja, jotta saavutetaan vaikuttavampia, oikeita ja toimivia ratkaisuja
- 4) Se tarkoittaa seurauksien laaja-alaista ymmärtämistä, ei pelkästään vaikuttavuuden vaan myös taloudellisuuden ja sosiaalisten näkökohtien perusteella

Laskennalliseen ajatteluun kuuluu sellaisia tekniikoita, kuten abstrahointitaito, iterointi, rekursio, ongelman pilkkominen ja synteesi. Laskennallinen ajattelu mallintaa ja vertaa ihmisten ja koneiden kykyjä toisiinsa, jotta tehtäviä voitaisiin sopivasti allokoida niiden välillä. Laskennallinen ajattelu sopii hyvin moniulotteisten ongelmien ratkaisuun eri tieteenaloilla. Raportissa "*Koululaitos kohti digitaaliajan haasteita*" on koottu tietoa laskennallisten tieteiden ja systeemiajattelun opetuksesta eri maissa.

Laskennallinen ajattelu nähdään selkeästi motivaattorina, joka vie laskentaan liittyviä periaatteita muille opetusaloille. Laskennallisuus voi johtaa monille uusille urapoluille. Se opettaa ongelmanratkaisutaitoa, jota voi käyttää muissa yhteyksissä. Siten se toimii perustana kouluopetuksessa erityisesti LUMA-aineissa, mutta laskennallista ajattelua voidaan hyödyntää osana muitakin koulussa opetettavia aineita. Kouluopetuksessa kaikkia tieteenaloja onkin tarkasteltava ja opetettava tieteen neljän paradigman näkökulmasta.

## LÄHTEET

- [1] Avainteknologiat ja tulevaisuus Yhteiskunnallisia tarkasteluja nousevien teknologioiden ja kvalifikaatioiden yhteyksistä, Opetusministeriön julkaisuja 2003:2
- [2] Euroopan komissio, Euroopan digitaalistrategia, KOM(2010) 245 lopullinen, Bryssel 26.8.2010, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:0245:FIN:FI:PDF>
- [3] Eurooppa 2020 -ohjelma, [http://ec.europa.eu/europe2020/index\\_fi.htm](http://ec.europa.eu/europe2020/index_fi.htm)
- [4] Eurooppa 2020 -strategia, Suomen kansallinen ohjelma, kevät 2013, [http://ec.europa.eu/europe2020/pdf/nd/nrp2013\\_finland\\_fi.pdf](http://ec.europa.eu/europe2020/pdf/nd/nrp2013_finland_fi.pdf)
- [5] European Commission, Cybersecurity Strategy of the European Union: An Open, Safe and Secure Cyberspace, JOIN(2013) 1 final Brussels, 7.2.2013, <http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/news/eu-cybersecurity-plan-protect-open-internet-and-online-freedom-and-opportunity-cyber-security>
- [6] Global Information Technology Report 2013, World Economic Forum, 2013, [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_GITR\\_Report\\_2013.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_GITR_Report_2013.pdf)
- [7] Horizon2020 –programme, <http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/>
- [8] Jyrki Kataisen hallituksen ohjelma, 17.6.2011, <http://valtioneuvosto.fi/tiedostot/julkinen/hallitusneuvottelut-2011/neuvottelutulos/fi.pdf>
- [9] Kansallinen palveluväylä, [http://www.vm.fi/vm/fi/04\\_julkaisut\\_ja\\_asiakirjat/03\\_muut\\_asiakirjat/20130516Kansal/name.jsp](http://www.vm.fi/vm/fi/04_julkaisut_ja_asiakirjat/03_muut_asiakirjat/20130516Kansal/name.jsp)
- [10] Laitinen Mirjami, Mikä ihmeen palveluväylä, Kuntamarkkinat 11.-12.9.2013
- [11] Laskennallinen tiede - tieteen kolmas menetelmä - Tilannekatsaus 2011, Neittaanmäki Pekka, Tiihonen Timo, Mäkinen Raino, Rossi Tuomo, Tuovinen Tero, Pölönen Ilkka, Kaihlavirta Auri, Neittaanmäki Henriikka ja Melén Antti, Reports of the Department of Mathematical Information Technology. Series B, Scientific computing, No. B 7/2011, [www.jyu.fi/it/laitokset/mit/tutkimus/Laskennalliset\\_tieteet\\_2011.pdf](http://www.jyu.fi/it/laitokset/mit/tutkimus/Laskennalliset_tieteet_2011.pdf)
- [12] Laskennallisen tieteen kehittäminen Suomessa, Opetusministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä, 2007:23
- [13] Laskennallisten tieteiden kansallinen kehittäminen 2009 - Nykytilan kartoitus, Neittaanmäki Pekka, Tiihonen Timo, Mäkinen Raino, Rossi Tuomo, Tuovinen Tero, Kaihlavirta Auri, Hietaniemi Riku ja Marttila Esa, Reports of the Department of Mathematical Information Technology. Series B, Scientific computing, No. B 6/2009, [www.jyu.fi/it/laitokset/mit/tutkimus/Laskennalliset\\_tieteet\\_2009.pdf](http://www.jyu.fi/it/laitokset/mit/tutkimus/Laskennalliset_tieteet_2009.pdf)
- [14] Mamia Tero & Melin Harri (toim.), Tietoyhteiskunta ja työorganisaatioidenmuutos, Turun yliopiston sosiologian laitos, Sosiologian tutkimuksia B-sarja, Turku 2007

- [15] Modeling and Simulation at the Exascale for Energy and the Environment, Report on the Advanced Scientific Computing Research, Town Hall Meetings on Simulation and Modeling at the Exascale for Energy, Ecological Sustainability and Global Security (E3), 2007
- [16] Neittaanmäki Pekka, Kinnunen Päivi,
- [17] Neittaanmäki Pekka, Neittaanmäki Reeta, Tiihonen Timo ja Ärje Johanna, Yliopistojen tutkintokoulutuksen ja tutkimuksen rahoitus ja tulokset vuosina 2000–2004 ja 2005–2009, Jyväskylän yliopisto, 16.04.2010
- [18] Pilviväylähanke,  
<http://www.minedu.fi/OPM/Koulutus/artikkelit/pilvivayla/index.html>
- [19] Revolutionizing Engineering Science through Simulation, A Report of the National Science Foundation, Blue Ribbon Panel on Simulation-Based Engineering Science, February 2006, 19 [http://www.nsf.gov/pubs/reports/sbes\\_final\\_report.pdf](http://www.nsf.gov/pubs/reports/sbes_final_report.pdf)
- [20] SADe-ohjelma, toimintasuunnitelma 2013, 26.2.2013,  
[http://www.vm.fi/vm/fi/04\\_julkaisut\\_ja\\_asiakirjat/03\\_muut\\_asiakirjat/20130228SADeoh/SADe-ohjelma\\_toimintasuunnitelma\\_2013\\_20130226\\_paeivitetty\\_20130605.pdf](http://www.vm.fi/vm/fi/04_julkaisut_ja_asiakirjat/03_muut_asiakirjat/20130228SADeoh/SADe-ohjelma_toimintasuunnitelma_2013_20130226_paeivitetty_20130605.pdf)
- [21] SADe-ohjelman palveluita, <http://www.visuviestinta.fi/sade/>
- [22] SADe-ohjelman verkkosivut, [www.vm.fi/vm/fi/05\\_hankkeet/023\\_sade/index.jsp](http://www.vm.fi/vm/fi/05_hankkeet/023_sade/index.jsp)
- [23] Synergistic Challenges in Data-Intensive Science and Exascale Computing, Summary Report of the Advanced Scientific Computing Advisory Committee (ASCAC) Subcommittee, March 2013,  
<http://science.energy.gov/~media/40749FD92B58438594256267425C4AD1.ashx>
- [24] Teknologiateollisuus, Tilanne ja näkymät 1/2014,  
[file:///C:/Users/Martti/Downloads/TT\\_TilanneNk\\_1\\_2014.pdf](file:///C:/Users/Martti/Downloads/TT_TilanneNk_1_2014.pdf)
- [25] Tuottava ja uudistuva Suomi – Digitaalinen agenda vuosille 2011–2020, Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 2010,  
<http://www.lvm.fi/julkaisu/1225475/tuottava-ja-uudistuva-suomi-digitaalinen-agenda-vuosille-2011-2020>
- [26] Turvallisuuskomitea, Kansallisen kyberturvallisuusstrategian toimeenpano-ohjelma, 11.3.2014, <http://www.turvallisuuskomitea.fi/index.php/fi/20-ajankohtaista/45-kyberturvallisuusstrategian-toimeenpano-ohjelma-on-valmis>
- [27] Työ- ja elinkeinoministeriö, 21 polkua Kitkattomaan Suomeen, ICT 2015 - työryhmän raportti 17.1.2013,  
[http://www.tem.fi/ajankohtaista/julkaisut/julkaisujen\\_haku/21\\_polkua\\_kitkattomaan\\_suomeen.98249.xhtml](http://www.tem.fi/ajankohtaista/julkaisut/julkaisujen_haku/21_polkua_kitkattomaan_suomeen.98249.xhtml)
- [28] Valtioneuvoston periaatepäätös, Suomen kyberturvallisuusstrategia, 24.1.2013,  
[www.yhteiskunnanturvallisuus.fi](http://www.yhteiskunnanturvallisuus.fi).
- [29] Valtiovarainministeriö, Kansallinen palveluväylä - konsepti, tavoitteet ja ratkaisumalli, muistio 17.6.2013,  
[http://www.vm.fi/vm/fi/04\\_julkaisut\\_ja\\_asiakirjat/03\\_muut\\_asiakirjat/20130516Kansal/name.jsp](http://www.vm.fi/vm/fi/04_julkaisut_ja_asiakirjat/03_muut_asiakirjat/20130516Kansal/name.jsp)
- [30] Suomen Akatemian tutkimusohjelmastrategia,  
<http://www.aka.fi/Tiedostot/Tiedostot/Julkaisut/tutkimusohjelmastrategia09.pdf>



- [31] Tekesin strategia - Kasvua ja hyvinvointia uudistumisesta, <http://www.tekes.fi/Julkaisut/strategia.pdf>
- [32] Informaatioteknologian tiedekunnan strategia, 30.5.2012
- [33] Informaatioteknologian tiedekunnan infrastruktuurisuunnitelma 2011–15, 15.8.2011
- [34] Turvallisuustutkimuksen toimeenpano-ohjelma, Valtioneuvostotason toimintamalli, Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 1/2014, 8.5.2014, <file:///C:/Users/Martti/Downloads/Turvallisuustutkimuksen-toimeenpano-ohjelmanet.pdf>
- [35] Big Data strategia, Liikenne- ja viestintäministeriö, [http://fi.opasnet.org/fi/Big\\_Data\\_-\\_strategia](http://fi.opasnet.org/fi/Big_Data_-_strategia)
- [36] ELISA selvitys, Digiasiointi säästäisi kunnilta miljardin, Kauppalehti 5.6.2014
- [37] Keski-Suomen Strategia, Maakuntasuunnitelma 2040, Maakuntaohjelma 2014–2017, Jyväskylä 2014, <http://www.keskisuomi2040.fi/lataukset/2014-06-06-Keski-Suomen-liitto-Keski-Suomen-Strategia-2040.pdf>
- [38] Marketvisio, Internet Of Things ja teollinen internet Suomessa, Markkina- ja tilannekatsaus 2014 . 7.5.2014
- [39] Henkilöstöselvitys 2016, Teknologiateollisuus, helmikuu 2014, <file:///C:/Users/Martti/Downloads/Henkilstselvitys2016lopullinen270214.pdf>
- [40] Teknologiabarometri 2014, Tekniikan akateemiset, <http://www.tek.fi/cmisis/browser?id=workspace%3A//SpacesStore/dbc6d30b-f58d-4d90-bac3-06c3c21d8985&filename=cmisattachments/TEKbaro2014.pdf>
- [41] Valtioneuvoston vuoden 2014 talousarvioesitys, <http://budjetti.vm.fi/indox/sisalto.jsp?year=2014&lang=fi&maindoc=/2014/tae/valtiovarainministerionKanta/valtiovarainministerionKanta.xml&opennode=0:1:247:973>
- [42] Talousarvioesitys 2014, pääluokka 31, Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonala

Informaatioteknologian tiedekunnan julkaisuja  
No. 18/2014

ISBN 978-951-39-6048-3 (verkkoj.)  
ISSN 2323-5004



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO