

Nina Pääkkönen

**KOGNITIIVISEN TIETOJENKÄSITTELYN  
TEKNOLOGIA TERVEYDENHUOLLON  
TIETOVARANTOJEN HYÖDYNTÄMISESSÄ**



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO  
INFORMAATIOTEKNOLOGIAN TIEDEKUNTA  
2018

# TIIVISTELMÄ

Pääkkönen, Nina

Kognitiivisen tietojenkäsittelyn teknologia terveydenhuollon tietovarantojen hyödyntämisessä

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2018, 36 s.

Tietojärjestelmätiede, kandidaatintutkielma

Ohjaaja: Makkonen, Pekka

Tutkielmassa tarkastellaan kognitiivisen tietojenkäsittelyn teknologiaa ja kuinka sen käyttöönotto terveydenhuollon eri osa-alueilla vaikuttaa palveluihin ja prosesseihin. Kognitiivisen teknologian merkitystä terveydenhuollossa kartoitetaan sote-uudistuksessa asetettujen tavoitteiden kautta ja siihen yhdistetään ennakoivan terveydenhuollon näkökulma. Tutkielmassa käsitellään terveydenhuoltoon kohdistuvia muutoksia digitalisaation kautta. Kognitiivinen tietojenkäsittely pyritään selittämään teoriatasolla ja sen tueksi haetaan esimerkkejä terveydenhuollossa jo käytössä olevista tai suunnitelluista prosesseista sekä IBM Watson yhteistyön tarjoamista tutkimussuunnitelmista. Tutkielmalla pyritään tarjoamaan monipuolinen katsaus kognitiivisten teknologioiden nykyisellään tarjoamista kehitys-, käyttö- ja sovellusmahdollisuuksista sekä antamaan yleiskuva IBM Watson teknologiasta.

Asiasanat: kognitiivinen tietojärjestelmä, kognitiivinen tietojenkäsittely, digitalisaatio, koneoppiminen, ennakoiva terveydenhuolto, IBM Watson

## **ABSTRACT**

Pääkkönen, Nina

Cognitive computing technologies enabling the use of healthcare data.

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2018, 36 p.

Information Systems, Bachelor's degree

Supervisor: Makkonen, Pekka

This thesis examines cognitive computing technology and how adopting it in the various areas of healthcare affects its services and procedures. Consequences from the use of cognitive technologies are studied through the objectives set in social welfare and health care reform. They are surveyed from predictive healthcare perspective. The thesis views the changes healthcare is currently facing through digitalization. The basic definition of cognitive computing is explained and it is supported with examples of processes already in use or planned in healthcare. There are also examples of research provided by the collaboration with IBM Watson. This thesis aims to offer a varied view on the development, use and application possibilities of cognitive computing and also provide a general understanding on IBM Watson technology.

Keywords: cognitive information system, cognitive computing, digitalization, machine learning, preventive healthcare, IBM Watson

## KUVIOT

KUVIO 1 Kognitiivisen tietojärjestelmän ominaispiirteitä.....	13
KUVIO 2 Kognitiivisen tietojenkäsittelyn terminologian rakenne .....	15
KUVIO 3 Terveysthuollon toimijat. ....	15
KUVIO 4 Kognitiivisen teknologian tarjoamat mahdollisuudet. ....	16

## TAULUKOT

TAULUKKO 1 Yhteenveto.....	13
----------------------------	----

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ .....	2
ABSTRACT .....	3
KUVIOT .....	4
TAULUKOT .....	4
SISÄLLYS.....	5
1 JOHDANTO.....	6
2 ENNAKOIVA TERVEYDENHUOLTO JA DIGITALISAATIO .....	8
2.1 Ennakoivan terveydenhuollon määritelmä .....	8
2.2 SOTE-uudistus .....	9
2.3 Digitalisaatio terveydenhuollossa ja sote-uudistuksessa .....	9
3 KOGNITIIVINEN TIETOJENKÄSITTELY .....	12
3.1 Määritelmä.....	12
3.2 Kognitiivinen tietojenkäsittely terveydenhuollossa .....	15
3.3 Mahdollisuuksia ja haasteita.....	19
4 IBM WATSON .....	21
4.1 Tausta ja kehitys.....	21
4.2 Pilottihankkeet ja tutkimus Suomessa .....	22
4.3 IBM Watson teknologian hyödyntäminen terveydenhuollossa .....	25
5 YHTEENVETO .....	28
LÄHTEET.....	32

# 1 JOHDANTO

Datan määrä digitalisoituvassa yhteiskunnassamme jatkaa kasvamistaan ja kehittyä alati monimuotoisemmaksi. Jotta suuret datamäärät saadaan muokattua informaatioksi, jota sitten voidaan edelleen hyödyntää esimerkiksi liiketoiminnassa tai oppimisessa, tarvitaan avuksi kognitiivista tietojenkäsittelyä. Kognitiiviset järjestelmät kykenevät oppimaan ja päättämään (Hurwitz, Kaufman & Bowles, 2015, s. 4). Ne ymmärtävät normaalia kieltä ja pystyvät kommunikoimaan ihmisen kanssa. Tällaiset kognitiiviset systeemit ja järjestelmät pystyvät omaksumaan rajattomasti tutkimusdataa ja analysoimaan sitä ylivoimaisella nopeudella ihmiseen verrattuna. Siksi niitä kutsutaankin digitalisaation seuraavaksi aalloksi. Digitalisaatio on jo kauan muuttanut voimakkaasti yhteiskuntaa ja ihmisten sekä liikemaailman toimintamalleja - kuten musiikin kuuntelua, ostosten tekoa tai tiedonhankintaa - ja nyt se on muokkaamassa myös terveydenhuollon kenttää.

Digitalisaatio on kuulunut jo pitkään suomalaiseen terveydenhuoltoon - esimerkiksi sähköisten potilastietojen muodossa. Tämä, ja kansalaisten yleisesti saatavilla olevat palvelut ja edelläkävijän maine terveydenhuollon lainsäädännön kehittelyssä, tekevät Suomesta ainutlaatuisen kokonaisuuden. IBM on myös huomannut tämän ja investoinut Suomeen viime vuosien aikana voimakkaasti tutkimuksen ja Watson Health Centerin kautta (IBM, 2016a). Jyväskylän yliopisto on keskeisessä asemassa IBM Watson -projektin yhteistyökumppanina kehittämässä kognitiivisen tietojenkäsittelyteknologian soveltuvuutta terveydenhuoltoon Suomen ensimmäisessä digitaalisessa sairaalassa Jyväskylässä (Vähäkainu, 2017).

Kandidaatintutkielmani aihe käsittelee kognitiivista tietojenkäsittelyä ja kuinka tämä teknologia mahdollistaa terveydenhuollon tietokantojen tehokkaan käytön. Tutkielmassa käydään ensin yleisellä tasolla läpi keskeiset käsitteet digitalisaatio terveydenhuollossa, sen merkitys sote-uudistukselle ja kognitiivinen tietojenkäsittely. Terveydenhuollon osalta näkökulmaksi on rajattu ennakoiva terveydenhuolto. Esimerkkeinä käytetään IBM Watson -projektin tarjoamia mahdollisuuksia ja tutkimushankkeita. Tutkimus toteutetaan kirjallisuuskatsauksena ja tutkimuskysymykset ovat määritelty seuraavanlaisesti:

- Millä tavoin kognitiivisen tietojenkäsittelyn teknologia mahdollistaa terveydenhuollon tietokantojen käyttöä ennakoivassa terveydenhuollossa?
- Mitä mahdollisuuksia ja haasteita avautuu kognitiivisen tietojenkäsittelyn käyttöönotosta terveydenhuollossa?

Tutkielman lähdeaineisto muodostuu pääosin alan kirjallisuudesta ja tieteellisistä artikkeleista. Lisäksi aihepiirin taustoja ja tietoa uudesta kehityksestä on haettu uutisista ja verkkoartikkeleista. Tutkimusaineistoa hyödyntämällä määritellään aihepiirin keskeiset käsitteet ja sitä kautta luodaan perusta asiakokonaisuutta varten.

## 2 ENNAKOIVA TERVEYDENHUOLTO JA DIGITALISAATIO

Tässä luvussa tarkastellaan, mitä tarkoittaa ennakkoiva terveydenhuolto sekä käydään läpi digitalisaation merkitystä terveydenhuollossa. Suomessa tällä hetkellä meneillään oleva ja keskustelua herättänyt sote-uudistus luo kehyksen digitalisaatiolle terveydenhuollon alalla ja sen, tutkielman aiheen kannalta keskeiset, tavoitteet käydään läpi. Luku luo perustan seuraavissa luvuissa käsiteltävien aiheiden tueksi.

### 2.1 Ennakoivan terveydenhuollon määritelmä

Perinteisen käsityksen mukaan minkä tahansa sairauden hoito on potilaan ja lääkärin reagoimista johonkin oireeseen eli reagoivaa terveydenhoitoa. Ennakoiva eli proaktiivinen terveydenhoito eroaa edellisestä siinä, että motivaatio toimia tapahtuu ennen oireiden ilmenemistä (Summit, 2015). Esimerkkinä tällaisesta toiminnasta on huolehtiminen riittävästä unen ja liikunnan määrästä työssä jaksamisen varmistamiseksi tai varautuminen tulevaan flunssakauteen kasvattamalla omaa vastustuskykyään nauttimalla vitamiineja ja lisäravinteita. Yhteiskunnallisesti käsite ennakoiva terveydenhuolto tarkoittaa kansalaiselle tehtyä tavoitteellista suunnitelmaa hänen terveytensä ja suorituskykynsä ylläpitämiseksi. Se voi käytännössä tarkoittaa esimerkiksi henkilön perinnöllisten sairauksien kartoittamista ja sen pohjalta tehtyä henkilökohtaista elämäntapaohjeistusta tai jaksamista ylläpitävää ohjeistusta ja hoitosuunnitelmaa jo todetun sairauden kanssa elämiseen. Ennakoivaan terveydenhuoltoon kuuluu myös kansalaisille tuotettu terveyttä ja terveellisiä elämäntapoja edistävä yleinen informaatio ja mahdollisia tulevia sairauksia kartoittavat terveystalvet, esimerkiksi terveysseulonnat ja rokotukset.

Lääketieteessä sairauksien ehkäisy ja ennakointi jaetaan kolmeen vaiheeseen. Primaaripreventio on puhtaasti ennaltaehkäisevää toimintaa ja käytännön tasolla se tarkoittaa riskitekijöille altistumisen vähentämistä, kuten rokotustoimintaa tai terveysneuvonnan omaksumista. Sekundaaripreventio pyrkii estämään todettujen sairauksien pahenemista ja vähentämään riskitekijöitä. Toimintakyvyn palauttava kuntoutus on esimerkki tertiäripreventiosta, joka siis tarkoittaa jo olemassa olevan sairauden ja sen oireiden pahenemisen estämiseen. (Mikkonen, 2015).



## 2.2 SOTE-uudistus

Sote-uudistus on sosiaali- ja terveydenhuollon rakenteen ja palvelujen uudistus, jonka on tarkoitus astua voimaan tammikuussa 2020. Sen toteuttaa valtio ja kunnat. Yleiset tavoitteet ovat ihmisten hyvinvointi- ja terveyserojen kaventaminen, palvelujen yhdenvertaisuuden ja saatavuuden parantaminen sekä kustannusten hillitseminen. Suomessa tarvitaan sote-uudistusta, koska väestö ikääntyy nopeasti ja he tarvitsevat yksilöidympiä palveluja ja hoitomuotoja. Tällä hetkellä ihmiset eivät saa yhdenvertaisia palveluja ja osa tarjolla olevista sote-palveluista on toimintatavaltaan tehotonta. Kaikki nämä kuormittavat Suomen velkaantunutta julkista sektoria enenevässä määrin. (Valtioneuvosto).

Sote-uudistuksen tavoitteet ovat moninaiset ja jotta ne saavutetaan, tarvitaan terveydenhuollon palveluihin uusia, tehokkaita ja vaikuttavia toimintatapoja. Siinä digitalisaatio ja kognitiiviset tietojärjestelmät tulevat kiistatta olemaan keskeisessä asemassa. Sote-uudistuksen tavoitteet muodostavat pitkähkön listan, mutta tämän tutkielman aihepiirin kannalta tärkeimmät ja keskeisimmät niistä ovat:

1. Kansalaisten yhdenvertaisten palvelujen turvaaminen
2. Hoitoon pääsyn nopeuttaminen
3. Odotettavissa olevien sosiaali- ja terveyskustannusten kasvun leikkaaminen 3 miljardilla eurolla vuoteen 2029 mennessä (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2017)

## 2.3 Digitalisaatio terveydenhuollossa ja sote-uudistuksessa

Digitalisaatiolla tarkoitetaan asioiden siirtymistä sähköiseen muotoon. Käytännössä se on digitaalisen teknologian hyödyntämistä yhteiskunnan palveluissa, työelämässä ja ihmisten arjessa (Valtioneuvosto). Sähköisellä asiointilla voidaan hoitaa palveluja ja erilaisia asiointiprosesseja ajasta tai paikasta riippumatta. Tutkimuksissa ja kirjallisuudessa käytetään myös termejä sähköiset palvelut tai sähköinen tiedonhallinta kuvaamaan digitalisaatiota.

Terveyden digitalisoitumisella viitataan uusien teknologioiden hyödyntämiseen terveyspalveluissa (Mikkonen, 2015). Suomessa on digitaalisia terveydenhuoltopalveluja kehitetty perinteisten palvelujen rinnalle. Kehityksessä on otettu huomioon korotettu potilasturvallisuuden, oikeusturvan ja tietosuojan varmistaminen. Lisäksi on haluttu varmistaa sujuva tietojen siirtyminen eri järjestelmien välillä sekä epätarkoituksenmukaisen käytön eliminointi. (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2017).

Suomessa on myös laadittu sosiaali- ja terveydenhuollon sähköisen tiedonhallinnan strategia, jonka tarkoituksena on tukea hyvinvointia ja terveyden edistämistä. Sen mukaan luotettava tieto ja sähköiset palvelut lisäävät

väestön aktiivisuutta, edesauttavat omaehtoista hyvinvoinnin ylläpitoa sekä luovat yhdenvertaisuutta palvelujen saamisen suhteen. Lisäksi sähköinen tiedonhallinta tukee terveysalan ammattilaisten työtä, palvelujen johtamista, tutkimusta ja yhteiskunnallista päätöksentekoa. Strategian keskeinen tavoite on saada sähköisten palvelujen käyttö osaksi kansalaisen elämänhallintaa ja itsenäistä selviytymistä, asuinpaikasta riippumatta. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, 2016).

Vaikka terveydenhuollon digitalisaation tavoite on yhdenvertaisuuden saavuttaminen palvelujen suhteen, on huomioitava eriarvoisuutta luovat seikat. Hyppönen, Hämäläinen ja Reponen (2015) ovat tutkimuksessaan osoittaneet, että iäkkäät, heikon terveydentilan omaavat, matalakoulutetut ja työelämän ulkopuolella olevat henkilöt eivät asioi sähköisesti yhtä paljon, kuin muut henkilöryhmät. Heiltä puuttuu myös useimmin sähköisen asioinnin vaatimia valmiuksia. Tämä on ristiriitaista, sillä voidaan olettaa erityisesti näiden ryhmien hyötyvän sähköisestä tiedonsaannista. Vaikka digitalisaation toivotaan helpottavan sosiaali- ja terveyspalveluiden maantieteellisistä etäisyyksistä johtuvia esteitä ja odotukset näitä palveluja kohtaan ovat myönteisiä, tutkimuksesta ilmenee, että digitaalisten palvelujen käyttäjiä on maaseudulla vähemmän, eikä palveluja koeta yhtä hyödylliseksi kuin muualla. Tämä selittyy kuitenkin ikäjakaumalla ja vielä jossain määrin tietoliikenneyhteyksien toimimattomuudella. (Hyppönen, Hämäläinen & Reponen, 2015). Eriarvoisuus on keskeinen asiakokonaisuus, kun käsitellään terveydenhuollon digitalisaatiota. Yksilön oma terveydentilan seuranta eri teknologiolla ja apuvälineillä sekä itsehoitoon kannustaminen, ovat vahvasti esillä eri terveydenhuollon tulevaisuutta kuvaavissa strategioissa ja teknologian kehityssuunnitelmissa. Jos nämä eriarvoisuutta luovat seikat jäävät vallitseviksi yhteiskunnassa, syrjäytyminen lisääntyy ja sähköisen tiedonhallinnan strategian toteutuminen on epävarmempaa.

Digitalisaatio on olennainen osa sote-uudistusta ja sen odotetaan vaikuttavan kaikkiin kolmeen edellä mainittuun sote-uudistuksen tavoitteeseen. Se tuo kognitiivisten teknologioiden avulla uusia toimintatapoja ja -menetelmiä terveydenhuoltoon, joiden puolestaan odotetaan tehostavan työskentely- ja hoitoonohjausprosesseja. Digi-palvelut antavat jatkossa ihmisille nykyistä paremmat mahdollisuudet ylläpitää ja kehittää itse omaa hyvinvointiaan, terveyttään ja toimintakykyään. Digitalisaation avulla asiakkaan ajantasaisia tietoja voidaan käyttää kaikissa asiakkaalle palveluja antavissa organisaatioissa nykyistä helpommin (Valtioneuvosto). Digitalisaation on sanottu olevan jopa suurempi murros kuin sote-uudistus suomalaisessa terveydenhuollossa (Pöysti, 2017).

Sote-uudistus tulee edellyttämään suuria ICT-investointeja. Uudistuksen toteutuminen edellyttäisi 1,5-2 miljardin euron tieto- ja viestintäteknologiainvestointeja. Tästä odotetaan toteutuneita hyötyjä 5-10 vuoden kuluessa. (Pöysti, 2017). Digitalisaatiolla on merkittävä rooli terveydenhuollon kokonaiskustannusten hillinnässä. Tällä hetkellä sosiaali- ja terveismenojen arvioidaan kasvavan vuosittain 2,4 prosenttia vuosien 2019-

2029 välillä ja hallituksen tavoitteena on supistaa kasvunopeus 0,9 prosenttiin ([www.thl.fi](http://www.thl.fi)). On korostettava, että terveydenhuollon alan toimintatapojen uudistaminen tuo säästöt, eivät uudet tietojärjestelmät. Jyväskylän yliopiston Value from public health with cognitive computing -hankkeen loppuraportin mukaan säästötavoitteet voidaan saavuttaa vain, jos uuden teknologian käyttöä saadaan terveyspalveluissa lisättyä huomattavasti. Suurimmat säästöt voitaisiin saada varmistamalla sujuvat hoitopolut, karsimalla turhat lääkärikäynnit ja lisäämällä ihmisten omatoimisuutta huolehtimalla itsestään paremmin (Neittaanmäki & Lehto, 2017). Myös ICT-järjestelmien yhteentoimivuus ja tiedonkulku ovat keskeisessä asemassa sote-uudistuksen onnistumisen kannalta.

### 3 KOGNITIIVINEN TIETOJENKÄSITTELY

Tämä luku määrittelee kognitiivisen tietojenkäsittelyn sekä siihen liittyviä käsitteitä ja termejä. Luvussa esitellään kognitiivisen tietojenkäsittelyn merkitystä terveydenhuollossa, ja pohtii sen mukanaan tuomia mahdollisuuksia ja haasteita.

#### 3.1 Määritelmä

Kognitiivinen tarkoittaa tietoa koskevaa tai tiedollista. Sitä voisi kuvata ihmisen omana tiedonkäsittelynä. Kognitiivinen tiede kehittyi 1950-luvulla ja termi on erityisesti tullut tutuksi psykologian osa-alueena, joka tutkii kaikkia ilmiöitä ja tapahtumia liittyen ihmisen ajatteluun, oppimiseen ja ymmärtämiseen prosessoitaessa informaatiota. Kognitio liittyy nimenomaan ihmisen tietokykyyn ja havainnointiin, ei tunteisiin tai tahtoon.

Klassisen kognitiivisen mallin määritelmän mukaan kognitio on ihmisen tiedonkäsittelyä, joka on mallinnettu tietokoneen digitaalisen toiminnon tavalla. Tämän mallin mukaan ihmisen aivot ovat tietokone, "physical symbol system", ja älyllinen toiminta on seurausta siitä, miten aivot käsittelevät ja tulkitsevat symboleja. (Thompson, 2010, s. 4-5).

Kun puhutaan kognitiivisesta tietojenkäsittelystä (cognitive computing, cognitive information systems), tarkoitetaan tietojärjestelmää, joka käyttää vuorovaikutukseen käyttäjän kanssa luonnollista kieltä (NLP, natural-language processing) ja kykenee havainnointiin, oppimiseen ja päättelyyn. Sen voidaan sanoa jäljittelevän ihmisen ajatteluprosessia sillä tasolla, että se kykenee eri tavoin prosessoimaan dataa ja informaatiota. Nämä piirteet erottavat sen perinteisestä tietojärjestelmästä. Tällainen teknologia mahdollistaa ihmisten yhteistyön koneiden kanssa (Hurwitz, ym., 2015, s. 3). Se oikeastaan luo ihmisen ja tietokoneen välille uudenlaisen yhteistyömuodon, joka auttaa kasvattamaan, skaalaamaan ja tehostamaan ihmisen asiantuntemusta. Kognitiivinen tietojenkäsittely on keskeinen käsite keinoälystä puhuttaessa.

Kognitiivinen tietojärjestelmä muodostuu työkaluista ja tekniikoista, kuten esimerkiksi Big Data, analytiikka, todennäköisyys, NLP ja Internet of Things (IoT). Se on kykeneväinen yhdistelemään sisältöä monipuolisista tietokannoista ja aineistoista oikeaan kontekstiin. Oleellisen tiedon löytäminen ja identifioiminen nopeasti mahdollistavat vastausten ja johtopäätösten muodostamisen monimutkaisissakin aihekokonaisuuksissa. Vaikka tällaiset tietojärjestelmät ovat mahdollisia suunnitella eri teknisiä lähestymistapoja käyttäen, on niille silti yhteistä tietyt määritellyt ominaispiirteet ja kyvykkyydet (kuvio 1).

Kognitiivinen tietojärjestelmä kykenee...	...oppimaan kokemuksen ja tiedon kautta, sekä kehittämään omaa tietämystään ja osaamistaan ilman lisäohjelmointia.
	...tuottamaan ja/ tai arvioimaan vastakkaisia olettamuksia perustuen sillä hetkellä omaamaansa tietoon.
	...raportoimaan löydöt tavalla, jolla aineiston perusteella tehdyt johtopäätökset ovat perusteltuja.
	...löytämään datakuvioita , joko käyttäjän avustuksella tai täysin itsenäisesti ilman ohjeita datan rakenteesta.
	...jäljittelemään luonnollisten oppimissysteemien prosesseja tai rakenteita (kuten muistinhallinnan, tiedonhallinnan prosessin tai neurosynaptisen aivorakenteen mallintamisen).
	...käyttämään NLP:a poimiessaan merkityksiä tekstidatasta ja syväoppimisen työkaluja hakiessaan ominaisuuksia kuvista, videoista, äänestä ja sensoreista.
	... käyttämään erilaisia ennustavia analyyttisiä algoritmeja ja tilastollisia tekniikoita.

Kuvio 1. Kognitiivisen tietojärjestelmän ominaispiirteitä (Hurwitz ym., 2015, 4).

Ihmisen kognitiivinen kyvykkyys on monimutkainen systeemi, jolla on tietyt rajoittuneisuudet ja kaksi merkittävintä niistä ovat skaalautuvuus ja puolueellisuus (Chen ym., 2016). Kognitiivinen tietojenkäsittely siis kopioi tiettyjä ihmisen ajattelutapoja, mutta luo lisäarvon käsittelemällä valtavia tietomääriä nopeasti sekä arvioimalla tuloksia puolueettomasti, mutta silti käyttäjälle merkityksellisellä tavalla.

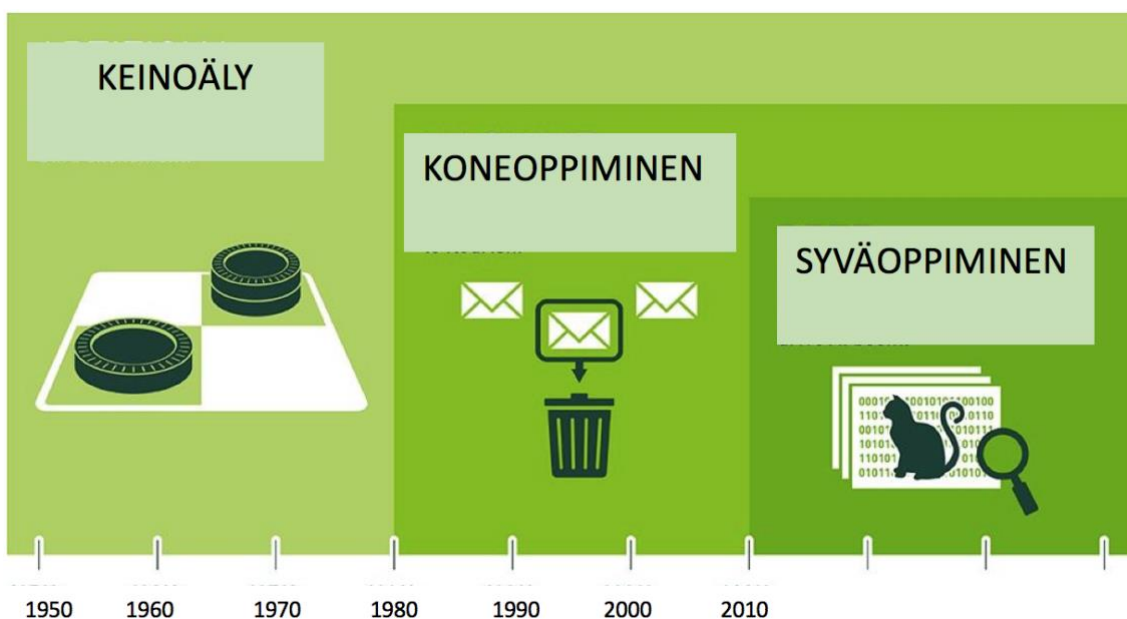
Koneoppiminen (machine learning) on tässä asiayhteydessä keskeinen termi. Se lähinnä kuvaa yhtä tietotekniikan aluetta tai sitä tekniikkaa, joka mahdollistaa tietokoneen oppimisen ilman varsinaista ohjelmointia ja kehittämään toimintaansa aikaisemman tiedon pohjalta. Tietokone siis yhdistelee hakemaansa tietoa omaa päätöksentekoaan varten.

Koneoppiminen ei ole uusi käsite. Siitä alettiin puhua 1970-luvulla, kun ensimmäiset tämän tekniikan algoritmit kehiteltiin. Noista ajoista suurin koneoppimisen kehitykseen vaikuttanut seikka on tietokoneiden suorituskapasiteetin räjähdysmäinen kasvu, joka on mahdollistanut yhä vaativampia ongelmanratkaisuja. Samanaikaisesti kasvanut datamäärä on puolestaan luonut uusia alueita koneoppimisen soveltamiseen. (Louridas & Ebert, 2016).

Grosan ja Abraham (2011) määrittelevät koneoppimisen siten, että se liittyy automaattisesti toimintaansa muokkaaviin ja parantaviin tietokoneohjelmiin. Se

voidaan tiivistetysti kuvata esimerkkien kautta ohjelmoimisena, "programming by example". Mielenkiintoinen havainto on, että kun he kirjassaan luettelevat esimerkkejä koneoppimisen ongelma-alueista, listalta löytyy lääketieteelliset diagnoosit, jotka ovat nimenomaan IBM Watsonin myötä nousseet keskeiseen asemaan koneoppimisen hyödyistä puhuttaessa, sekä huijausyritysten havainnointi (fraud detection), joka on nykyään maksuvälinepetosten lisääntyessä erinomainen esimerkki tämän tekniikan siirtymisestä helposti ymmärrettävään hyötykäyttöön. Tämä lista sisältää lisäksi muun muassa kasvojen, puhutun kielen ja käsinkirjoitetun tekstin tunnistamisen. (Grosan & Abraham, 2011, s. 261-262). On todettava kehityksen olevan kognitiivisen tietojenkäsittelyn alalla niin nopeaa, että muutaman vuoden aikana voi ongelmalliseksi mielletty toiminto muuttua saman tekniikan vetovoimaiseksi ominaisuudeksi.

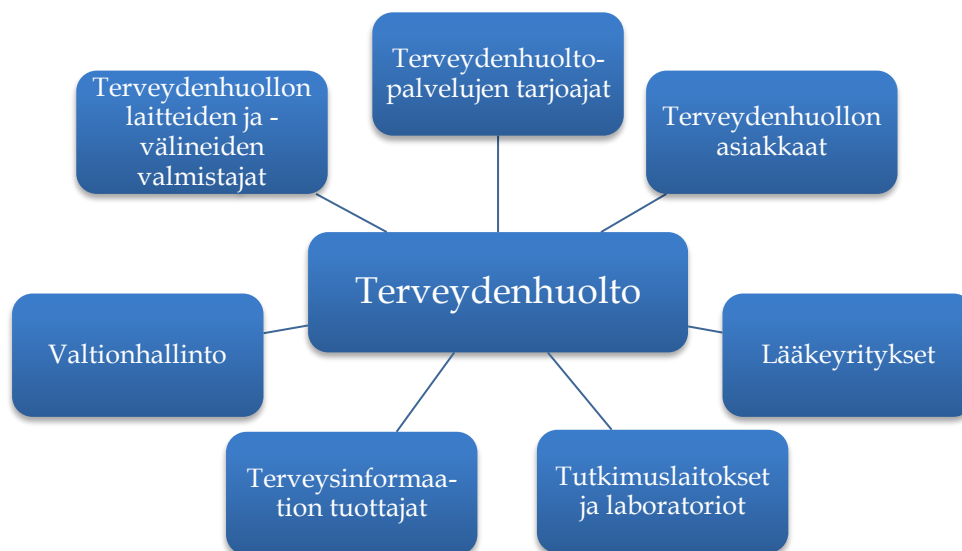
Koneoppiminen on keinoälyn (artificial intelligence, AI) yksi sovellus. Keinoälyyn sisältyy, päättelyn ja ongelmanratkaisukyvyyn lisäksi, robotiikka ja havainnointi, kuten kasvojen tai äänen tunnistukset (Chen ym., 2016). Seuraava kuvio havainnollistaa terminologian päällekkäisyyttä ja kuinka nämä eri käsitteet asettuvat aikajanelle (kuvio 2.). Kuviossa mainitaan myös termi Deep learning, joka on koneoppimisen kehittynein ja uusin osa-alue. Deep learning eli syväoppiminen nähdään keinoälyn läpimurtona ja sen monimutkaisempi ja monikerroksisempi epälineaarinen prosessointi tekee siitä kehittyneen työkalun analysointiin. (Wang, Ma, Zhang, Gao & Wu, 2018). Siinä koneoppiminen ottaa tavallaan askeleen lähemmäs ennustavaa analytiikkaa ja se koostuu monitasoisemmista mallintamismenetelmistä, jotka soveltuvat haastavampiin mallinnusongelmiin (Liukkonen, 2016). Syväoppimisessa luodaan sopivaa algoritmia käyttäen neuroverkko, jonka avulla pyritään ongelman ratkaisemiseen (Vähäkainu & Neittaanmäki, 2017b).



Kuvio 2. Kognitiivisen tietojenkäsittelyn terminologian rakenne (mukaeltu lähteestä Vähäkainu ym., 2016).

### 3.2 Kognitiivinen tietojenkäsittely terveydenhuollossa

Terveydenhuollon sektori on laaja ja siellä on lukuisia toimijoita useissa eri rooleissa (kuvio 3). Nämä eri toimijat ovat perinteisesti tallentaneet dataa omien tarpeidensa edellyttämällä tavalla ja omiin tietojärjestelmiinsä. Tämä tekee tiedonjakamisen ja yhdistelyn vaikeaksi. Sote-uudistuksen tavoitteiden saavuttamiseksi tietojärjestelmien on pystyttävä integroimaan jatkuvasti sinne tulevaa uutta dataa tarkasti, nykyhetkessä ja merkityksellisesti.



Kuvio 3. Terveydenhuollon toimijat (Hurwitz ym., 2015, s. 175).

Datan määrä suomalaisessa terveydenhuollossa on valtava. Suomen tilanne on maailmanlaajuisesti poikkeuksellinen siinä mielessä, että meillä on kerätty dataa kansalaisten terveydestä jo kauan ja tietovarannot ovat houkuttelevia tutkimus- ja yritys Hankkeille, niin kotimaisille kuin ulkomaisillekin (Sitra, 2016). Ihmisistä kerättyä tietoa tallennetaan lukuisiin eri järjestelmiin, kansallisiin ja paikallisiin. Tätä tietoa on käytetty lähinnä yksilön akuutin terveysongelman käsittelyyn. (Sitra). Kognitiivinen tietojenkäsittely mahdollistaa näiden pääosiltaan käyttämättömien tietomäärien hyödyntämisen entistä

laadukkaammissa terveystalveissa ja avaa mahdollisuuksia käyttää näitä tietovarantoja liiketoiminnassa ja tutkimuksessa.

Kognitiivisen tietojenkäsittelyn tarjoamat mahdollisuudet on kuvattu laajemmin seuraavassa kuvassa (kuvio 4.).

POTILAS			TERVEYDENHUOLLON AMMATTILAINEN		
Terveystalve potilaan omissa hallinnassa	Vahvempi osallistuminen oman terveyden ylläpitoon	Hoitopalvelut paremmin saatavilla	Kattava tieto päätösten tukena	Etäpalvelut perinteisten työtapojen rinnalle	Työn painopiste rutiineista vaativiin tapauksiin
<ul style="list-style-type: none"> <li>Potilaalla on aina pääsy/näkymä omaan terveystalveensa</li> <li>Potilas saa päätöksilleen tukea terveystalvesta</li> <li>Potilas ymmärtää paremmin oman terveydentilansa ja sairautensa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yksilöä tuetaan ylläpitämään terveyttään ennakoivasti</li> <li>Itse toteutettu "omahoito" yleistyy</li> <li>Potilas saa yksilöllistä ohjausta</li> <li>Kotona tehdyt mittaukset ja niistä saatu palaute motivoivat potilasta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Potilas saa nopeasti yhteyden terveydenhuollon ammattilaiseen</li> <li>Etähoito yleistyy ja hoito painottuu koteihin</li> <li>Hoitopalvelut ovat yksilöllisiä ja potilaan omaan dataan perustuvia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kaikki potilasdata saatavilla helposti ja tiivistetysti</li> <li>Uusin tieto aina saatavilla</li> <li>Paremmat päätöksenteon työkalut antavat suosituksia ja vaihtoehtoja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Työ keskittyy enemmän datan hyödyntämiseen ja etäpalveluiden tarjoamiseen</li> <li>Työajat ovat joustavampia, koska vastaanotto ei rajoitu virka-aikoihin tai tiettyyn sijaintiin</li> <li>Koulutus tukee uusien työtapojen oppimista</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ammattilaisen rooli muuttuu, erikoisosaaminen korostuu</li> <li>Rutiinityö vähentyy, analyysit automatisoituvat ja aikaa jää enemmän potilaalle</li> <li>Työn painopiste "hankalissa" tapauksissa, joita ei voi hoitaa kognitiivisilla ratkaisuilla suoraan</li> </ul>
TERVEYDENHUOLLON ORGANISAATIOT			SUOMEN TERVEYDENHUOLTOJÄRJESTELMÄ		
Toiminnanohjaus uusien työtapojen tukena	Organisaatioajat eivät rajoita palvelutarjontaa	Toiminnot kustannustehokkaiksi	Eettiset kysymykset ratkaistu	Terveystalvekosyste emi luo uutta liiketoimintaa	Edellytykset kognitiivisille ratkaisuille täytyvät
<ul style="list-style-type: none"> <li>Data mahdollistaa toiminnan tehokkaamman analysoinnin</li> <li>Johtaminen pohjautuu tarkempaan tietoon</li> <li>Toiminnanohjaus tukee uusia toimintatapoja ja teknologian käyttöä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Virtuaaliset sairaalat ja organisaatiot eivät rajoitu rakennuksen seiniin</li> <li>Tietoa jaetaan ja palveluita tuotetaan yli organisaatioajojen</li> <li>Palveluvalikoimaan tulee kokonaan uusia palveluita ja olemassa olevia virtualisoidaan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Henkilötyötä ja välineiden käyttöä tehostetaan ja optimoidaan uusilla kognitiivisilla ratkaisuilla</li> <li>Hoidon vaikuttavuuden mittaamiseen saadaan uusia ratkaisuita</li> <li>Fyysisiä tiloja tarvitaan vähemmän etäpalveluiden yleistymässä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Palveluiden yhdenvertaisuus uusien teknologioiden käytössä on varmistettu</li> <li>Eettisten päätösten tekemisen vastuu on ihmisellä, kognitiivinen ratkaisu tarjoaa tukea ja tietoa päätösten pohjaksi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keskitetty ja avoin terveystieto mahdollistaa uudet palveluinnovaatiot</li> <li>Terveystalven ympärille syntyy elinvoimainen ekosysteemi</li> <li>Yksityissektorilla suurempi rooli yhteistyökumppanina ja osana kokonaisjärjestelmää</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lainsäädäntö ja kognitiivisuus linjassa toistensa kanssa</li> <li>Koulutusjärjestelmä huomioi uudet osaamistarpeet</li> <li>Vahva tietosuojaturvaa yksilö- ja väestötason datan hyödyntämisen</li> </ul>

Kuvio 4. Kognitiivisen teknologian tarjoamat mahdollisuudet (Neittaanmäki & Lehto, 2017).

Tekoälyn ja koneoppimisen suurimmat hyödyt ja vaikutukset terveydenhuollossa voidaan kumminkin tiivistää neljään osa-alueeseen:

- Jo tunnettujen sairauksien menestyksekkäämpi diagnosointi esimerkiksi kuvia ja muuta data hyödyntäen
- Yksilön terveystalvien oikea-aikainen ennustaminen, ennaltaehkäisevä ohjaus ja yksilöllisen optimaalisen hoidon tarjoaminen
- Terveydenhuollon henkilöstön optimaalinen hyödyntäminen ja prosessien pullonkaulojen ratkaiseminen
- Strukturoimattoman tiedon prosessointi ja ennustaminen (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2017).

Tuotetun datan määrä tieteellisessä tutkimuksessa on valtava ja se kasvaa vuosittain noin 9 %, joka tarkoittaa, että tieteellisten tutkimustulosten määrä tuplaantuu lähes joka 9. vuosi (Chen ym., 2016). IBM on arvioinut lääkärin tarvitsevan aikaa lukemiseen 160 tuntia viikossa, jotta hän pysyisi mukana alansa relevantissa uudessa kirjallisuudessa (Brynjolfsson & McAfee, 2016). Pysyminen ajan tasalla oman alansa viimeisimpien tutkimustietojen kanssa on käytännössä aivan mahdotonta, mutta nämä esimerkit korostavat hyvin kognitiivisen



teknologian tuomaa helpotusta tiedonkäsittelyyn. Kun kognitiivisen tietojenkäsittelyn avulla pystytään tehokkaammin avaamaan strukturoimatonta tietoa ja yhdistelemään dataa uudella tavalla, tulee se nopeuttamaan sairauksien diagnosointia ja tekemään siitä tarkempaa. On syytä korostaa, että uudet teknologiat ovat tarkoitettu parantamaan terveydenhuollon ammattilaisen omaa asiantuntemusta ja päätöksentekoa, ei korvaamaan sitä (Brynjolfsson & McAfee, 2016). Tehokkaampi diagnosointi johtaa nopeampaan potilaan hoidon aloittamiseen. Diagnosoinnin tarkkuuden paraneminen tulee todennäköisesti vähentämään hoitovirheiden määrää. Hoitovirheet ovat jo itsessään ongelma ja sen lisäksi niistä maksetut potilaskorvaukset rasittavat terveydenhuollon kulurakennetta. Potilasvakuutuskeskus raportoi potilasvahinkoilmoitusten määrässä olevan kasvua noin viisi prosenttia edellisvuoteen verrattuna. Kaiken kaikkiaan näistä ilmoituksista maksettiin Suomessa vuonna 2016 noin 40 miljoonaa euroa korvauksia. (Potilasvakuutuskeskus, 2017).

Lähtökohtaisesti ihmisten terveys ei ole tasa-arvoista. Elinolot, joissa ihmiset syntyvät, kasvavat ja elävät, ovat terveyden sosiaalisia määrittäjiä ja taustatekijöitä. Näiden sosiaalisten tekijöiden on tutkimuksilla osoitettu olevan kansanterveyden kannalta merkittävämpiä kuin yksilön terveyskäyttäytyminen tai terveyspalveluiden saatavuus. (Mikkonen, 2015). Tämä puolestaan korostaa henkilökohtaisen hoitosuunnittelun tarjoamia mahdollisuuksia ja tarpeellisuutta.

Yksilöllinen terveydenhuolto pohjautuu pitkälle hyvinvoinnin ja terveysongelmien ennakkointiin (Pöysti, 2017). Siirtyminen erikoissairaanhoidosta perusterveydenhuoltoon, jossa yksilön hoitotarpeita pystytään kartoittamaan ennakkoon hyödyntäen kognitiivista tiedonkäsittelyä, keventää terveydenhuollon kustannusrakennetta. Sote-uudistuksen ja sähköisen tiedonhallinnan strategian lisäksi kolmas Suomen terveydenhuollon alaa tällä hetkellä muovaava kehityssuunnitelma on sosiaali- ja terveysministeriön genomstrategia. Kartoittamalla henkilön taustatiedot, perimä ja elintapoihin vaikuttavat ympäristötekijät, saadaan arvokasta dataa. Genomitieto<sup>1</sup> tulee yleistymään potilastyössä ja sairauksien ehkäisyssä sekä ennakoivassa terveydenhoidossa. (STM, 2015). Kognitiivisten teknologioiden yleistyminen on auttanut alan tutkimusmenetelmien kehittymistä ja mahdollistaa jatkossa tämän suuren tietomäärän tehokkaan analysoinnin ja hyödyntämisen. Esimerkkeinä analysoidun genomitiedon hyödyistä ovat tarkennetut seulontakutsut sekä yleisten kansantautien määrien ja laatujen tarkentuminen ja niihin kehitetyt ehkäisykeinot. Kansan- ja perinnöllisyystautien ennaltaehkäisy on keskeistä terveydenhuollon kustannusten rajaamisessa ja siksi mahdollisimman suuntaa antavat ennustukset kansanterveyden tilasta ovat tärkeitä. Suomen väestö myös ikääntyy nopeasti. Potilaan kotona selviytymistä voisi edesauttaa uusilla teknologioilla ja hoitopaketoilla olisi mahdollista lyhentää paremmin ennustetulla hoitosuunnitelmalla. Laitoshoito on kallein vaihtoehto.

Tekes selvitti tutkimuksessaan tietotyön osuutta, ajankäyttöä ja sisältöä terveydenhuollossa Suomessa. Tämän kyselytutkimuksen perusteella jopa

---

<sup>1</sup> Ihmisen koko perimästä saatava tieto (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2015).

puolet erikoissairaanhoidon ammattilaisten työajasta menee rutiininomaiseen tietotyöhön. Yli 70% kyselyyn vastanneista hoitajista ja lääkäreistä kokee, että tietokoneella tehtävä työ vie aikaa potilastyöltä. Erityisen turhauttavaksi he kokivat sen, että samoja tietoja joutuu syöttämään useita kertoja eri järjestelmiin. Ohjelmistorobotiikalla voitaisiin automatisoida terveydenhuollon tietotyön rutiineista 2-10 %, mikä toisi pelkästään tuplakirjauksen aiheuttaman työajan säästönä 54 miljoonan euron säästöt palkkakustannuksiin. Kokonaisuudessaan säästöpotentiaali julkisessa terveydenhuollossa olisi arviolta 300-600 miljoonaa euroa vuodessa. (Tekes, 2016). Kognitiivinen tietojenkäsittely, joka mahdollistaa tietojen automaattisen keräämisen, tallennuksen ja yhdistelyn, vapauttaa terveydenhuollon henkilöstön ajankäyttöä asiakkaan ja potilaan suoraan kohtaamiseen - tapahtui se sitten fyysisenä tai virtuaalisena vuorovaikutuksena.

Yeow ja Goh (2015) tutkivat telelääketieteen<sup>2</sup> vaikutusta työntekijän ajankäytön tehokkuuteen ja organisointiin terveydenhuollon eri prosesseissa. Tutkimuksessa arvioitiin organisaation resurssien toteutunutta uudelleenjärjestelyä ja tarkasteltiin, johtiko tämä uudelleenjärjestely organisaatiotasolla parannuksiin, kuten vähentyneeseen sairaalahoitoon ohjaamiseen ja potilaiden epätietoisuuden vähenemiseen koskien hoitoon pääsyn odotusajan pituutta. Johtopäätöksenä todettiin, että joidenkin prosessien osalta hyöty organisaatiotasolla oli selkeä. (Yeow & Goh, 2015). Telelääketiede voisi karsia turhia vastaanottokäyntejä. Esimerkiksi virtuaalinen, asiakkaan kotiin tuleva lääkäripalvelu älylaitteen avulla poistaisi terveystalveta ruuhkauttavaa jonotusta ja apu olisi tavoitettavissa nopeasti (Neittaanmäki ym., 2017).

Terveydenhuollon tietovarannot yhdistettynä muihin olemassa oleviin lääketieteen tietokantoihin sisältävät valtavat määrät dataa, jonka potentiaalia ei pystytä hyödyntämään, jos sitä ei kyetä lukemaan tai yhdistelemään eri tietokantojen sisältöä keskenään. Strukturoidulla datalla tarkoitetaan tietoa, jota on helppo hakea perinteisillä hakualgoritmeilla. Esimerkki tällaisesta tiedosta on Excel-taulukko tai jonkin koneen sensorin lukema ja tallentama data. Terveydenhuollon alalla suuri osa datasta on kuitenkin strukturoimatonta dataa, kuten valokuvat, röntgen kuvat, ultrakuvat, sydänfilmit, magneettikuvat tai pelkkä teksti, jonka tarkoitus johdetaan sisällöstä (Chen ym., 2016). On arvioitu, että jopa 80% terveydenhuollon datasta on strukturoimatonta. Tämä data on ollut ennen kognitiivista tietojenkäsittelyä näkymätöntä, sillä sitä ei ole pystytty hyödyntämään tehokkaasti. (Vähäkainu, P. & Neittaanmäki, P., 2017a)

---

<sup>2</sup> Telelääketieteessä kliiniset konsultaatiot, diagnoosit, tarkkailut, seurannat, hoitoon liittyvät päätökset ja suositukset tehdään elektronisesti sekä perustuen elektronisesti saatuun tietoon ja dokumentaation, esimerkiksi videoyhteyden tai älypuhelimien avulla (Valvira, 2016).

### 3.3 Mahdollisuuksia ja haasteita

Terveydenhuoltoala kehittyi nopeasti digitalisaation ja uusien teknologioiden tarjoamien mahdollisuuksien avulla. Yksilöllinen terveydenhuolto (personalized healthcare) ja yksilölliset hoitosuunnitelmat ovat vallitsevia ja jatkuvasti kirjallisuudessa esille nousevia teemoja, kun kuvaillaan terveydenhuollon tulevaisuutta. Jotta tämä saavutetaan, tarvitsee potilailta kerätä henkilökohtaista terveysdataa. Esimerkkinä tästä ovat älypuhelimien ja erilaisten sensorien käyttö henkilön elintoimintojen seurantaan ja yhteyden pitämiseen terveystalouden tarjoajaan. Näyttäisi siltä, että ihmisillä on halukkuutta seurata terveydentilaansa älylaitteilla. Kun elintoimintoja seurataan jatkuvasti, pystytään ennakoimaan terveydelle haitallisia oireita ja puuttamaan tilanteeseen ajoissa, jotta vältetään terveydentilan huononeminen ja hoidon pitkittyminen. Potilaalle pystytään antamaan neuvoja ja hoito-ohjeita erityisissä tilanteissa ilman, että hänen välttämättä tarvitsee fyysisesti käydä terveystalouden tarjoajan luona. (Chowdhary, Lee, Timm, Ludwig & Knoop, 2016). Henkilökohtainen älylaite voi palvelun kautta ehdottaa toimenpiteitä jo ennen ensimmäisen oireen ilmenemistä (Pöysti, 2017).

Useimmat päälle puettavat laitteet, kuten älyrannekkeet ja älykellot, ovat alun perin suunniteltu kuntoilua varten, mutta sovellukset ovat voimakkaasti laajentuneet lääketieteen alueelle (Vähäkainu, 2017). Päälle puettavat sensorit ja elintoimintoja mittaavat laitteet voivat ajan myötä positiivisesti muuttaa potilaan käyttäytymistä. Henkilö kiinnostuu omasta terveydentilastaan eri tavalla, kun laite havainnollistaa esimerkiksi liikunnallisen elämänmuutoksen fyysiset seuraukset. Tällaisten laitteiden hyöty määräytyy niillä kerätyn datan laadulla. Erään tutkimuksen mukaan ranteeseen kiinnitetyt mittauslaitteet, kuten FitBit, eivät mittaa sydämenlyöntiä samalla tarkkuudella kuin perinteiset rinnan ympärille kiinnitettävät mittauslaitteet (Reller, 2017).

Ikääntyville ihmisille suunnattuja monitorointilaitteita on ollut olemassa jo pitkään ja väestön ikääntyessä tällaisten apuvälineiden merkitys korostuu, jotta vanhusta pystytään hoitamaan kotona ja laitoshoidon tarve vähenisi. Vanhusten toimintakykyyn voidaan panostaa, kun siitä saatava hyöty pystytään konkretisoimaan mittaamalla. Torres, Wickramasinghe, Pham ja Ranasinghe (2015) esittävät mielenkiintoisen esimerkin kognitiivisen teknologian tarjoamasta mahdollisuudesta. He esittelevät tutkimuksessaan laitteettoman RFID-tekniikalla varustetun lattiamaton, joka pystyy tekemään itsenäisiä johtopäätöksiä henkilön asennosta. Järjestelmä ei tarvitse päälle puettavia sensoreita. Näin esimerkiksi lattialle kaatunut vanhus saisi järjestelmän hälyttämään apua nopeasti. (Torres, Wickramasinghe, Pham & Ranasinghe (2015).

Seuraavan sukupolven laitteet ovat jo testattavana ja kehitystyö jatkuu. Esimerkkinä voidaan mainita lihasaktiivisuutta, aineenvaihduntaa ja sydämenlyöntiä reaaliajassa tarkkailevat urheiluvaatteet. Levi Strauss ja Google ovat aloittaneet kehittämään vaatetusta, joka on vuorovaikutuksessa jonkin älylaitteen kanssa ja joka tarkkailisi muun muassa painoa sekä pysyisi ymmärtämään eleitä. Biometrinen panta, joka optisilla signaaleilla tarkkailisi

ihmiskehon sisäisiä toimintoja, kuten verenpainetta, nestetasapainoa ja happipitoisuutta, on myös jo kehitystyön alla. Ihmisen sisälle laitettavat sirut ja digitaaliset tatuoinnit ovat tulossa. (Duus, 2017).

Kun terveystalouden tarjoaja on yhteydessä potilaisiin telelääketieteen muodossa, edellyttää se toimivaa infrastruktuuria. Tilojen, laitteiden ja teleyhteyksien on oltava tarkoituksenmukaisia sekä tietoturvan tulee olla lainmäärämiin asetusten puitteissa. Potilaan suostumus tietojen tallennukseen ja siirtelyyn on saatava, ja hoidon sopivuus etäpalveluun on arvioitava. (Valvira, 2016). Etäpalvelu edellyttää hoitohenkilökunnaltakin uudenlaisia ammattitaitoja. Potilaalta se vaatii halua omaksua uudenlaisen teknologian käyttöä ja valmiutta osallistua etänä tapahtuvaan hoitoprosessiin. Onkin esitetty näkökulma, että sosiaali- ja terveydenhuollon ammattilaiset voitaisiin nähdä enemmänkin asiakkaan valmentajina (Pöysti, 2017). Asiakkaan eli potilaan näkökulma pitäisi olla tällaista teknologiaa hyödynnettäessä lähtökohtana, koska hienoinakin teknologia ilman käyttäjiä ja heidän kokemaansa hyötyä on arvoton.

Genomitiedosta saatu hyöty harvinaisten sairauksien ja syövän hoidossa on ollut tiedossa jo pitkään. Kun kognitiivisen teknologian avulla saadaan selvitettyä perimän osuus, esimerkiksi yksilölliseen lääkeaineenvaihduntaan tai diabetekseen, pystytään potilaan hoito ennakoimaan ja yksilöimään paremmin. Tietoturvan takaaminen asettaa genomitiedon käyttöön ja tallennukseen omat haasteensa. Eri valtioissa on erilaiset lainsäädännölliset ohjeistukset. On esimerkkejä siitä, että välitettäessä geenitietoja eteenpäin anonymisoituina eri tutkimuslaitosten tietopankkeihin, on niitä joissain tapauksissa ollut helppo liittää takaisin luovuttajiinsa. (Aamulehti, 2018).

## 4 IBM WATSON

Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan IBM Watson teknologian taustaa ja kehitystä. Tutkielma tarkastelee myös IBM:n pilottihankkeita ja yhteistyökuvioita Suomessa. Viimeinen kappale esittelee muutamalla esimerkillä, kuinka IBM Watson teknologiaa on aloitettu hyödyntämään terveydenhuollon eri alueilla.

### 4.1 Tausta ja kehitys

Watson on IBM:n pilvipohjainen kognitiivinen teknologia, joka sisältää eri käyttötarkoituksiin sovitettuja tuotteita. Watson ratkaisuja kehitetään ja käytetään lähes 50 maassa ja 20 eri toimialalla (IBM, 2017). Se on supertietokone, jossa yhdistyy tekoäly ja korkealle kehittyneet analytiikkaohjelmistot. Nimensä se on saanut IBM:n perustajan, Thomas J. Watsonin, mukaan. (Vähäkainu & Neittaanmäki, 2017).

IBM Watsonista kertova kirjallisuus ja artikkelit alkavat lähes poikkeuksetta maininnalla 'Jeopardy!', koska osallistuminen tähän USA:ssa suosittuun tv-tietovisaan teki Watsonin tunnetuksi suurelle yleisölle. Vuonna 2007 IBM:n tutkijat ottivat haasteekseen kehittää tietokoneen, joka pystyisi haastamaan kaksi Jeopardyn moninkertaista voittajaa ja näin Watson tekikin vuonna 2011 (Ferrucci, Levas, Bagchi, Gondek & Mueller, 2012). Watson kilpaili kuten vastustajanaan olevat henkilötkin eli oman tietämyksensä varassa. Kaikki mitä se tiesi, oli ladattu sen muistiin esimerkiksi tietosanakirjojen, elokuvakäsikirjoitusten tai muiden vastaavien lähteiden muodossa. Se toimi siis erillisenä, itsenäisenä kokonaisuutena, joka ei ollut kytketty internettiin (IBM). Voitto pohjautui sen ylivoimaiseen kykyyn ja nopeuteen käsitellä monipuolisesti saatavilla olevaa tietoa.

Alun perin Watson oli kokeellinen tutkimus, jonka tavoitteena oli selvittää, pystytäänkö opettamaan tietokone lukemaan tekstipohjaista materiaalia, esimerkiksi Wikipediasta tai sanomalehdistä, ja sitten tuottamaan luotettavia vastauksia luonnollisella kielellä kysytyihin kysymyksiin (Chen, Argentinis & Weber, 2016). Perustuen tietokilpailuvoiton aiheuttamaan innostukseen ja mielenkiintoon, IBM jatkoi Watsonin kehittelyä, ja se lopulta esiteltiin suurelle yleisölle uuden tietotekniikka aikakauden ensimmäisenä kognitiivisia kykyjä omaavana tietojärjestelmä tekniikkana (Ahmed, Toor, O'Neil & Friedland, 2017). IBM:n motivaationa oli tarjota markkinoille tuote, joka tarjoaisi yritysmaailmalle erilaisia data-alustoja suurien datamäärien käsittelyyn. Watsonin kaltaisia teknologioita on muillakin kuin IBM:llä, mutta toistaiseksi se on säilyttänyt markkinajohtajan aseman. Gartner, johtava markkinatutkija, arvioi 2017, että IBM:n toteuttamat data-alustat ovat johtavien teknologioiden joukossa koskien vision täydellisyyttä ja toteuttamiskykyä (Vähäkainu ym., 2017).

Sama innovaatio, joka mahdollisti tietokilpailuvoiton, auttaa nyt lääkäreitä diagnoosien muodostamisessa (Brynjolfsson, E. & McAfee, A., 2016). Watsoniin on erityisesti kehitetty versio tukemaan biotieteellistä<sup>3</sup> tutkimusta ja sen määrittelyssä on painotettu tieteellisen terminologian ymmärrystä (Chen ym., 2016). Tämä vuonna 2015 lanseerattu versio on nimeltään IBM Watson Health ja se toimii Watson Health Cloud alustalla (Ahmed ym., 2017). Tätä havainnollistetaan alla olevassa kuvassa (kuvio 4). Se on avoin alusta lääkäreille, tutkijoille, vakuuttajille ja yrityksille, jotka tähtäävät terveyden ja hyvinvoinnin ratkaisuihin. Se mahdollistaa jatkuvasti muodostuvan ja lisääntyvän terveydenhuollon henkilötietojen yhdistämisen terveydenhuollon jo olemassa olevien tietovarantojen sisältöön. Datamäärän tehokkaampi läpikäynti ja yhdistely eri lähteistä tuottaa innovaatiota ja auttaa näin lääketieteen ammattilaisia ja tutkijoita suoriutumaan ja tekemään työtään paremmin.



KUVIO 4. Viisi sovellusaluetta hyödyntää yhteistä IBM Watson Health Cloud -alustaa (Leinonen, 2016).

## 4.2 Pilottihankkeet ja tutkimus Suomessa

IBM Watsonin kyvykkyys ratkaista ongelmia herätti yleistä mielenkiintoa liikemaailmassa ja IBM aloitti useita pilottihankkeita muun muassa sairaaloiden, lääketieteen tutkimuslaitosten ja lääkeyritysten kanssa. Ensimmäiset yhteistyöprojektit terveydenhuoltoalalla aloitettiin syöpätutkimuksen parissa New Yorkissa ja Texasissa.

Suomeen IBM on avannut Watson Health Center -osaamiskeskuksen, jossa hyödynnetään Watson Health Cloud -palvelualustaa. Se on osa Tekesin ja IBM:n

<sup>3</sup> Biotieteet ovat toisiinsa läheisesti liittyviä tieteenaloja. Näitä ovat biokemia, perinnöllisyystiede, neurotiede, biofysiikka ja biologian tutkimuksen eri alueet.

viisivuotista yhteistyösopimusta, joka koskee digitaalisen terveydenhoidon ekosysteemin kehittämisestä Suomessa. Tavoite on edistää uusien ratkaisujen kehittämistä suomalaisen terveydenhuollon tarpeisiin hyödyntäen kognitiivista tietojenkäsittelyä ja keinoälyä. Helsingissä sijaitseva keskus tarjoaa toimitiloja ja testiympäristöjä julkiselle ja yksityisille terveydenhuollon organisaatioille, lääkealan yrityksille, startup-yrityksille sekä yliopistoille ja tutkijoille. (IBM, 2016a). Tiloissa voidaan simuloida esimerkiksi sairaalaolosuhteita, lääkärin vastaanottoa tai kotiympäristöä omatoimisen hoidon seurantaan varten (Tivi, 2017). Käytännössä osaamiskeskus voidaan nähdä tilana, jossa esitellään Watson-sovelluksia ja samalla kumppanuusyritykset saavat kaipaamaansa näkyvyyttä. Startup yritykset tulevat todennäköisesti hyötymään IBM:n kontakteista ja yhteistyökumppaneista. Osaamiskeskuksen lisäksi IBM perustaa keskuksen kuvantamisen tehostamiseen, joka tulee olemaan IBM:n ensimmäinen kansallinen kuvantamisen osaamiskeskus Yhdysvaltojen ulkopuolella (IBM, 2016a).

Tekesin ja IBM:n viisivuotiseen yhteistyösopimukseen liittyy myös Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiriin (HUS) ja IBM:n välinen sopimus Watson teknologian hyödyntämisestä erikoissairaanhoidon diagnosoinnin ja hoitopäätösten tukena. Yhteistyön kautta oli tavoitteena mallintaa vaikea bakteeritulehdus ennen näkyviä oireita, jotta hoito voidaan aloittaa aikaisemmin sekä aloittaa tutkimus siitä, voidaanko Watsonin avulla havaita kuvantamistutkimuksessa aivoverenvuoto entistä paremmin. Lisäksi on hyödynnetty Watsonin vahvaa tietämystä syöpätutkimuksesta ja sovellettu sitä tiettyjen syöpätyyppien hoidossa. Watson teknologiaa on yhdistetty syöpäpotilailla jo käytössä olevaan oman voiminnan digitaaliseen raportointisovellukseen. (HUS, 2016).

IBM:n ja Tekesin välisen yhteistyön tuloksista ja onnistumisista ei ole vielä laajemmin tehty tutkimuksia, mutta ainakin HUS:n ja IBM:n yhteistyösopimuksen tilanteesta on uutisoitu. HUS:n kehitysjohtaja Honkanen on kertonut, että kolmesta pilottihankkeesta yksi onnistui hyvin ja se synnytti kokonaan uuden teknologian arvioimaan keskosten todennäköisyyttä saada vaarallinen bakteeritulehdus. Muiden projektien kohdalla törmättiin laatuvaatimukseen, tiedon varmuus ei ollut tarpeeksi hyvä tai kuvantamisprojektiin ei löytynytäkään tarpeeksi kuvamateriaalia. Tämä yhteistyösopimus on tällä hetkellä loppusuoralla ja HUS tulee sitä jatkamaan IBM:n kanssa, mutta on laajentanut vastaavanlaiseen toiminnan muidenkin yritysten kanssa. HUS aikoo keskittyä myös omien tekoälyyn perustuvien ratkaisujen kehittämiseen. Syyksi tälle HUS ilmoittaa valmiiden ratkaisujen puutteen. (Tivi, 2017a). Uusi kesäkuussa 2017 aloitettu yhteistyöprojekti on nimeltään CleverHealth Network -ekosysteemi ja myös IBM on siinä mukana 13 muun yrityksen kanssa (HUS, 2017).

Suomi on terveydenhuollon alalla ainutlaatuinen kokonaisuus maailmassa ja siksi houkutteleva kohdemaahan kognitiivisen tietojenkäsittelyn tutkimukselle. Työ- ja elinkeinoministeriö (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2016) on Terveystieteiden tutkimus- ja innovaatiotoiminnan kasvustrategia -raportissaan määritellyt

tavoitteeseen Suomen tekemisen kansainvälisesti tunnetuksi edelläkävijämaaksi terveysalan tutkimuksen ja innovaatiotoiminnan sekä investointien ja uuden liiketoiminnan saralla. Tämän tavoitteen perusteena ovat Suomen biopankit<sup>4</sup>, genomitieto ja terveystiedon rekisterit, korkeatasoinen tieteellinen tutkimus ja osaamis pohja, korkeatasoinen yliopistosairaaloiden verkosto ja uudistuva sote-palvelujärjestelmä sekä ICT osaaminen ja vahva startup-ympäristö. (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2016). Nämä vahvuudet ovat taustana IBM:n päätökselle sijoittaa osaamiskeskus Suomeen. Lisäksi päätökseen vaikutti IBM:n varatoimitusjohtaja Antilan mukaan se, että Suomi on länsimaiden nopeimmin ikääntyvä kansakunta ja esimerkiksi suomalainen sosiaaliturvatunnus on kansainvälisesti vertailtuna niin poikkeuksellisen toimiva, että se on etu tutkimustoiminnassa. Suomen sote-uudistusta seurataan myös kansainvälisellä areenalla. (Healthtech Finland). Suomen yhteiskunnallinen vakaus ja kansalaisten osaamispääoma painottuivat myös IBM:n investointipäätöksessä (Sitra, 2016).

Jatkumona Helsingin Watson Health Center -osaamiskeskukselle avattiin joulukuussa 2017 Jyväskylän yliopiston informaatioteknologian tiedekunnan tiloihin University of Jyväskylä and IBM Disruptive Technologies Innovation Hub. Kuten muutkin yhteistyökeskukset, tämäkin perustuu IBM:n kehittämiin kognitiivisen tietojenkäsittelyn teknologioihin ja tavoite on kehittää myös muiden uusien teknologioiden osaamista Suomessa. Jyväskylän yliopisto oli aloittanut yhteistyön IBM:n kanssa jo vuonna 2015, kun siitä tuli ensimmäinen suomalainen yliopisto, joka lähti mukaan IBM Watson yliopisto-ohjelmaan. (IBM, 2017).

Keski-Suomen uudesta keskussairaalaasta tulee Suomen ensimmäinen digisairaala. Siinä jatkuu IBM:n ja Jyväskylän yliopiston yhteistyö ja tarkoituksena on tutkia kognitiivisen tietojenkäsittelyn soveltuvuutta sairaalan toimintojen tehostamiseen. Digitaalinen sairaala on konsepti, johon liittyvät IT-järjestelmät, päälle puettava teknologia ja myös ennakoiva terveydenhuolto, tekoäly sekä kognitiivinen arviointi (Vähäkainu, 2017). Vähäkainu ja Neittaanmäki (2017b) ovat määritelleet digisairaalan siten, että se on sähköisestä potilastietojärjestelmästä ja paperittomasta toimistoympäristöstä koostuva informaatioteknologinen sairaalaympäristö, ja se voidaan toteuttaa usealla eri tavalla. Digitaalinen sairaala painottuu asiakkaiden arvojen ja uudenlaisen kommunikaation toteutukseen. (Vähäkainu ym., 2017b).

Tekes arvioi yhteistyön IBM:n kanssa luovan uusia dataa ja Watson-teknologioita hyödyntäviä sovelluksia sekä ratkaisuja, jotka tulevat sekä laajentamaan että kasvattamaan kotimaista liiketoiminta- ja innovaatioekosysteemiä. Erityisesti Tekes odottaa yhteistyön synnyttävän uusia startup-yrityksiä, avaavan uusia mahdollisuuksia maailmanlaajuiselle kasvulle

---

<sup>4</sup> Biopankkiin kootaan näytteitä ja tietoja suostumuksen antaneilta henkilöiltä lääketieteellistä tutkimusta ja tuotekehitystä varten. Suomessa on yhdeksän biopankkia. (Suomen biopankit).



ja auttavan kotimaisia terveys- ja hyvinvointialan yrityksiä kohoamaan digitalisaation aallon harjalle. (IBM, 2016a)?

### 4.3 IBM Watson teknologian hyödyntäminen terveydenhuollossa

Tämä kappale pohjautuu pääosin Tekes-hanke 'Value from Public Health Data with Cognitive Computing' kattavaan raporttiin IBM-teknologioiden hyödyntäminen terveydenhuollossa (Vähäkainu ym., 2017). Pyrkimyksenä on esitellä tiivistetysti muutamia raportissa esille tuotuja IBM Watson Health teknologiaa hyödyntäviä sovelluksia ja tutkimuskohteita tulevaisuuden ratkaisuille.

Lääketieteen ammattilaisille suunniteltu IBM Watson CareManager terveydenhuoltojärjestelmäalusta voisi mahdollistaa tutkimustyön esimerkiksi Applen iPhoneen kautta. Järjestelmä auttaa organisaatioita keskittymään yksilökeskeiseen hoitoon, jossa potilashoidon tiimit voivat tallentaa ja arvioida strukturoitua ja strukturoimatonta tietoa, valita kohdeohjelmia ja luoda yksilöllisiä hoito-ohjelmia. Tällainen ohjattu hoito-ohjelman suunnittelu parantaisi tuottavuutta ja todennäköisesti tehostaisi potilaan kohtaamista. Kun potilaalle pystytään tarjoamaan mielekästä ja yksilöllistä hoitoa, joka on helppo kokea omaksi, voi se johtaa muutokseen terveyskäyttäytymisessä ja siten alentuneisiin hoitokuluihin.

Terveysdatan arvo ja hyöty ilmenevät vasta kun sitä analysoidaan, yhdistetään ja näiden prosessien kautta esimerkiksi löydetään nopeammin uusia hoitoja. On jatkuva tarve kehittää entistä parempia välineitä terveydenhuollon reaaliaikaisen terveystieteen hyödyntämiseen. Watson Health terveystieteen yksikkö on suunniteltu tämän hajallaan ja kiihtyvää tahtia lisääntyvän datan keräämiseen ja jakamiseen. Se yhdistää kerättyä terveystietoa pilvipalveluun ja tarjoaa siihen pääsyn tutkimusyriyksille, jotka analysoivat datan ja myyvät siitä muodostettuja palveluja eteenpäin. Esimerkkinä tästä raportti mainitsee sovelluksen mPower, joka käyttää IBM:n pilvipalveluja mobiilisovelluksille. Se mittaa käden vapinaa Parkinsonin taudin seurantaan varten ja asiakkaiden suostumuksella IBM voi käyttää dataa hyödyksi tutkimuksissa. Kehitteillä on myös mobiilisovelluksia potilaiden auttamiseen ennen ja jälkeen leikkauksen. Kuntoutus leikkauksen jälkeen voitaisiin ainakin osittain hoitaa etänä, jolloin potilaan ei tarvitsi liikkua kodin ja sairaalan väliä turhaan.

Yhteistyötä kroonisten sairauksien, kuten hengityssairauksien, hoitoon on myös kehitteillä. Näissäkin sairauksissa on ennakointi tärkeää ja siksi systemaattinen ajan tasalla pysyminen on potilaan läheisillekin tärkeää. Terveydenhuollon teknologian yritys Teva tekee IBM:n kanssa yhteistyötä astman hoidon kehittämisen parissa. Raportissa mainitaan tavoite pystyä ennustamaan astmakohtauksen riski uusien algoritmien ja kognitiivisten prosessointikykyjen avulla. Tämä informaatio toimitettaisiin omaishoitajille ja potilaille sovelluksen avulla ohjelmistorajapinnan kautta. Myös diabeteksen hoitoon on kehitetty Watsonin pilvipalvelulle pohjautuvaa hoito-

ohjelmaratkaisua, joka kerää reaaliaikaista dataa ja analysoituaan sen voi varoittaa potilasta esimerkiksi liian alhaisesta verensokerista.

Uniapneaa tutkitaan IBM:n teknologiaan pohjautuvalla sovelluksella, jota on sanottu maailman suurimmaksi pitkittäistutkimukseksi. Tulokset voidaan jakaa tutkijoiden kesken avoimen lähdekoodin muodossa. Uni on yksi tärkeimmistä terveyteen vaikuttavista tekijöistä ja unettomuudella on yhteys ylipainoon, syöpään ja verensokeritautiin. Ylipaino, ja siihen liittyvät sairaudet, kuormittavat kansainvälisesti terveyspalveluja alati enenevässä määrin. Tutkimustuloksilla voidaan odottaa olevan arvoa monen eri sairauden hoidossa.

Olemassa oleville lääkeaineille etsitään jatkuvasti uusia käyttötarkoituksia ja kognitiivinen teknologia edesauttaa tätä tutkimusta. Tutkimusalana tämä on ollut melko eristynyt ja IBM Health:n tarjoaman alustan toivotaan tuovan siihen rakenteellisuutta. Uusien lääkkeiden tuominen markkinoille on ollut perinteisesti hyvin kallista ja aikaa vievää. Tähänkin kognitiivinen tietojenkäsittely voi tuoda parannusta. On arvoitu, että tutkija lukee keskimäärin 200-300 tieteellistä artikkelia vuodessa. Watsonin lääketutkimukseen kehitetyssä alustassa on yhteensä noin 30 miljoonaa tieteellistä tiivistelmää, tutkielmaa ja patenttia. Uusien lääkkeiden kehittäminen tulee todennäköisesti nopeutumaan ja niiden käyttömahdollisuuksista tulee lisää tietoa. Tähän liittyy kiinteästi Watson for Patient Safety -palvelu, jonka tarkoitus on kehittää menetelmiä parempaan lääkevalvontaan.

Yksi ensimmäisistä IBM Watsonin terveydenhuoltoalan yhteistyöprojekteista liittyi syövän hoitoon ja erityisesti oikean syöpälääkityksen kohdentamiseen potilaalle. Terveyspalvelujen tuottajat ovat kiinnostuneita tarjoamaan suuria datamääriä hyödyntäviä syöpädiagnosointi- ja hoitopalveluja. Tavoitteena on myös parantaa diagnosoinnin tarkkuutta. Tässä Watson on kehittynyt jo onnistunut.

IBM Watson teknologiat ovat osoittautuneet tehokkaiksi myös erilaisten mielenterveysongelmien tutkimuksissa ja oireiden ennustamisessa. Psykiatria vaikuttaa terveydenhuollon resurssipula voimakkaasti, jolloin potilaan pitkäaikaisseuranta saattaa kärsiä. Esimerkiksi koneoppimisen algoritmit ovat auttaneet lääkäreitä tunnistamaan skitsofrenian alkuvaiheen oireita MRI-kuvista ja veren virtauksesta aivoissa. IBM Watson alustalle on myös kehitelty mielenterveyspotilaiden sovellus, joka muuntaa käyttäjän puhuman äänimuistion tekstiksi ja analysoi siinä käytetyt sanat, painotukset ja määrittelee sen pohjalta kuulostaako käyttäjä rauhalliselta ja iloiselta, vai kokeeko hän mahdollisesti stressiä. Tämän toivotaan auttavan terapeuttia muodostamaan parempaa kokonaiskuvaa hoidosta.

Kuten edellä on käyty läpi, terveydenhuoltoalan tulevia uudistustavoitteita ovat terveydenhuollon kulujen karsiminen, yksilöllinen ja parempi potilashoito, vähentyneet sairaalakäyntimäärät ja parantunut diagnosointi. Kun terveydenhuollon henkilöstöllä on käytössään työkalut, jotka mahdollistavat valtaviin tietomääriin tehokkaan analysoinnin ja samalla tukevat ja yhdistelevät eri prosesseja, on mahdollisempaa saavuttaa ne. Uuden teknologian työkalut mahdollistavat kattavan ennaltaehkäisevän hoidon suunnittelun, joka on

kustannussäästöjen - sekä inhimillisen kärsimyksenkin - kannalta järkevin toimintatapa.

## 5 YHTEENVETO

Tutkielmani aihepiirinä oli tarkastella kognitiivisen tietojenkäsittelyn teknologian avaamia mahdollisuuksia terveydenhuollon sektorin valtaviin tietovarantojen hyödyntämiseen. Terveydenhuollon alalla on lukuisia eri toimijoita ja dataa on tallennettu eri järjestelmiin kukin oman tarpeensa mukaan. Kognitiivisen tietojenkäsittelyn avulla pystytään paremmin hyödyntämään tietovarantojen strukturoimatonta tietoa ja yhdistelemään dataa uudella tavalla, verrattuna perinteiseen tietojenkäsittelyyn.

Tutkielmassa todettiin, että kognitiivinen tietojenkäsittely tulee mullistamaan yhteiskuntaa ja erityisesti terveydenhuoltoa tulevina vuosina. Sosiaali- ja terveysministeriön strategiat ohjaavat kehitystä ja teknologian käyttöönottoa. Terveydenhuollon sähköisen asioinnin käyttöönotosta on uutisoitu paljon ja sen toimivaksi saamisessa on haasteita, kuten yhteentoimivuusongelmat ja alueelliset erot. Toimivuus on edellytys yksilöidyimmille terveyspalveluille. Pelkät mobiilisovellukset ja palveluntuottajan näkökulmasta tuotetut ratkaisut eivät riitä. Yksi uudistusten tavoite on se, että kansalaiset saisivat mahdollisuuden ottaa enemmän vastuuta terveydestään. Tämä vaatii toimivat sähköiset palvelut ja sen tuottamaa lisäarvoa omakohtaisen kokemuksen tasolla. Terveydenhuoltoa yleisesti määrittelevät kansalaisten monitahoiset terveysongelmat ja erilaiset tarpeet. Suunnitelmista huolimatta on vaikea luoda yleisluontoista ratkaisua, mutta kognitiivinen tietojenkäsittely tulee muovaamaan terveydenhuoltoa yksilöllisempään suuntaan, jolloin ihmiskeskeinen näkökulma säilyisi.

Tutkielmassa käytiin läpi ennakoivan terveydenhuollon määritelmä. Ennakoiva terveydenhuolto oli rajattu tutkielman näkökulmaksi ja sen keskeinen merkitys sote-uudistusten tavoitteiden saavuttamisen kannalta kävi tutkielmassa ilmi. Kognitiivinen tietojenkäsittely mahdollistaa yksilöllisemmän hoitosuunnitelman, koska sen avulla saatavilla tiedoilla voidaan paremmin kartoittaa henkilön terveyteen vaikuttavia seikkoja tai tutkia perimän mahdollisia vaikutuksia hänen terveydentilaansa. Todettiin, että yksilöllinen terveydenhuolto perustuu terveysongelmien ennakkointiin. Tavoitteina terveydenhuollon uudistuksissa on pystyä ennakoimaan paremmin kansansairauksien määrää, yksilön hoidontarpeita ja ohjata yksilöt ottamaan enemmän vastuuta omasta terveydestään. Digitalisaatio esiteltiin tutkielmassa olennaisena osana sote-uudistusta ja sen osuutta uudistuksen menestyksekkääseen toteutumiseen käytiin läpi. Huomiota kiinnitettiin myös sen eriarvoisuutta luovaan rooliin yhteiskunnassa.

Tutkielmassa tarkasteltiin sitä, mikä tekee tietojärjestelmästä kognitiivisen ja mitkä ovat sen kyvykkyydet. Siihen liittyviä käsitteitä määriteltiin, jotta

aihepiirin terminologian rakenne selkiintyisi lukijalle. Kognitiivisen tietojenkäsittelyn hyödyt ja vaikutukset tiivistettiin neljään osa-alueeseen, ja näitä tarkasteltiin lähemmin. Todettiin, että kognitiivisen tietojenkäsittelyn avulla saadaan terveydenhuollon tietovarantoja hallitsevaa strukturoimatonta dataa hyödynnettyä aivan uudella tavalla. Suoria hyötyjä siitä on esimerkiksi nopeutunut ja tarkempi sairauksien diagnosointi. Tutkimuksessa selvitettiin myös genomitiedon hyötyjä sekä telelääketieteen ja uusien teknologioiden merkitystä terveydenhuollon ammattilaisten ajankäyttöön.

IBM Watson teknologia esiteltiin tutkimuksessa markkinoiden ensimmäisenä kognitiivisen tietojenkäsittelyn tekniikkana. Sen synty ja kehityshistoria käytiin lyhyesti läpi. Tutkielmassa esiteltiin IBM Watsonin merkitystä suomalaiselle tutkimukselle ja kartoitettiin syitä sille, miksi IBM on halunnut investoida Suomeen. Tutkielman viimeinen kappale, jossa esiteltiin IBM Watson teknologian mahdollistamia konkreettisia sovelluksia ja tutkimushyödyntämistä, pohjautui Jyväskylän yliopiston yhteistyöhankkeen raporttiin IBM teknologioiden hyödyntämisestä terveydenhuollossa. Seuraava taulukko kuvaa yhteenvetona tutkielman keskeiset huomiot (taulukko 1).

Taulukko 1. Yhteenveto

<b>Ennakoivan terveydenhuollon haasteet</b>	<b>Kognitiivisen tietojenkäsittelyn teknologian mahdollistama hyöty</b>	<b>Esimerkkejä IBM Watson teknologian mahdollistamista sovelluksista ja tutkimuksista</b>
Suuret datamäärät ja strukturoimaton data	Ennen näkymättömän strukturoimattoman datan avaaminen ja yhdisteleminen uudella tavalla	Watson Health terveysyksikkö pilvipalvelut (datapankit ja kuva-analytiikka)
Diagnosoinnin hitaus ja epätarkkuus	Datan nopeampi käsitteleminen johtaa tehokkaampaan terveydenhuollon työhön, vähentää hoitovirheitä ja mahdollistaa nopeamman hoitoon pääsyn	IBM Watson syöpätutkimuksessa, syöpädiagnosointi- ja hoitopalvelut, IBM Watson analytiikka ja datapankit
Yksilön terveystarpeiden ennustaminen ja oikeanlaisen hoidon tarjoaminen	Genomitiedon tutkimuksen kehittyminen, telelääketieteen avulla saatava henkilökohtainen terveysdata	IBM Watson yhteistyö teknologiayritys Teva:n kanssa astman hoidon kehittämisessä, IBM Watsonin lääketutkimukseen kehitetty alusta, diabeteksen hoitoon kehitetty IBM
Terveydenhuollon prosessien hitaus ja ruuhkautuminen	Telelääketieteen kehittyminen mahdollistaa etähoidon, rutiinitietotyön automatisointi	IBM Watson Care Manager terveydenhuoltojärjestelmäalusta, Watson Health Cloudin tarjoamat työkalut parempiin markkina-

	ohjelmistorobotiikan avulla	analyysieihin (kustannustehokkuus)
--	-----------------------------	------------------------------------

Tämän tutkielman lähdeaineiston ja aihepiirin tienoilta nousi esiin muutamia mielenkiintoisia asiakokonaisuuksia, jotka sopisivat aiheeksi tuleviin tutkimuksiin ja jotka tässä tutkielmassa jouduttiin rajaamaan aihepiirin ulkopuolelle. Koneoppimiseen perustuvien sovellusten suunnittelusta on paljon tutkimusmateriaalia. Suunnittelun liittyvistä haasteista ja alati lisääntyvistä vaatimuksista voisi löytyä näkökulman tutkielmaan. IBM Watson teknologiaa soveltavat yhteistyökuviot Suomessa etenevät ja vaikka yhteistyö on vielä suhteellisen alkuvaiheessa, niistä odotetaan lähitulevaisuudessa enemmän konkreettisia tuloksia tutkimusten ja sovellusten muodossa. Tutkielman aihe olisi mahdollista kytkeä esimerkiksi startup-yritysten näkökulmaan. IBM:ä voidaan ehkä pitää vielä tällä hetkellä johtavana kognitiivisia kykyjä omaavien tietojärjestelmien tarjoajana ja se saa valtavan markkinointinsa kautta huomiota, mutta sen kilpailijat kehittävät omia järjestelmiään ja IBM Watson kritiikkiäkin on esillä IT-alan julkaisuissa. Uusia teknologioita ja niille sovelluksia syntyy kiihtyvällä tahdilla. Googlen panostus syväoppimiseen nousi esille alan uutiskatsauksissa usein. Tätä kilpailutilannetta voisi tutkia vertailemalla eri toimijoiden tarjontaa ja kehitystyön erilaisia painotuksia.



## LÄHTEET

Aamulehti (2018, 7. tammikuuta). Uutiset. Haettu 9.1.2018 osoitteesta <https://www.aamulehti.fi/uutiset/genomitieto-mullistaa-terveydenhuollon-luvassa-valtavia-harppauksia-syovan-hoitoon-ja-ehkaisyyn-mutta-vaarinkaytto-pelottaa-asiantuntijoita-200648821/>

Ahmed, M., Toor, A., O'Neil, K. & Friedland, D. (2017). Cognitive Computing and the Future of Health Care Cognitive Computing and the Future of Healthcare: The Cognitive Power of IBM Watson Has the Potential to Transform Global Personalized Medicine. *IEEE Pulse*, 8(3), 4-9.

Brynjolfsson, E. & McAfee, A. (2014). *The second machine age: work, progress and prosperity in a time of brilliant technologies*. New York, London: W. W. Norton.

Chawla, N. V. & Davis, D. A. (2013). Bringing big data to personalized healthcare: A patient-centered framework. *Journal of General Internal Medicine*, 28(3), 660-665.

Chen, Y., Argentinis, E. & Weber, G. (2016). IBM Watson: How Cognitive Computing Can Be Applied to Big Data Challenges in Life Sciences Research. *Clinical Therapeutics*, 38(4), 688-670.

Chowdhary, P., Lee, S., Timm, J., Ludwig, H. & Knoop, S. (2016). Coordinating analytics methods for mobile healthcare applications. 2016 *IEEE/ACM International Workshop on Software Engineering in Healthcare*. ACM, 58-61.

Duus, R. & Cooray, M. (2017, 1. syyskuuta). Research reveals the dark side of wearable fitness trackers. Haettu 5.1.2018 osoitteesta <http://edition.cnn.com/2016/09/01/health/dark-side-of-fitness-trackers>

Ferrucci, D., Levas, A., Bagchi, S., Gondek, D. & Mueller, E. (2013). Watson: Beyond Jeopardy! *Artificial Intelligence*. (199-200), 93-105.

Grosan, C., Abraham, A. (2011). *Intelligent systems*. Springer, Berlin, Heidelberg.

Hautamäki, A. (2016). *Terveyden omaehtoinen edistäminen - kehityspolku*. Tekesin katsaus 326/2016.

Healthtech Finland. Haettu 5.1.2018 osoitteesta <http://healthtech.teknologiateollisuus.fi/fi/uutiset/terveydenhuolto-ibmn-seuraava-kuulento>



Hurwitz, J., Kaufman, M. & Bowles, A. (2015). *Cognitive computing and big data analytics*. Wiley. Haettu osoitteesta <https://ebookcentral.proquest.com/lib/jyvaskyla-ebooks/detail.action?docID=1895129>

HUS (2016, 16. syyskuuta). HUS:n ja IBM:n yhteistyö tuo oppivan tekoälyn erikoissairaanhoidon. Haettu 11.11.2017 osoitteesta <http://www.hus.fi/hus-tietoa/uutishuone/Sivut/HUSn-ja-IBMn-yhteistyö-tuo-oppivan-tekoälyn-erikoissairaanhoidon-.aspx>

HUS (2017, 19. syyskuuta). Uusi digitaalisten terveysinnovaatioiden ekosysteemi käyntiin. Haettu 2.1.2018 osoitteesta <http://www.hus.fi/hus-tietoa/uutishuone/Sivut/Uusi-digitaalisten-terveysinnovaatioiden-ekosysteemi-käyntiin.aspx>

Hyppönen, H., Hämäläinen, P. & Reponen, J. (2015). *E-health and e-welfare of Finland*. (Raportti 18/2015). Helsinki: Check point. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos.

Hyppönen, H. & Ilmarinen, K. (2016). *Sosiaali- ja terveydenhuollon digitalisaatio*. (Suomen sosiaalinen tila -raporttisarja, 2/2016). Terveyden ja hyvinvoinnin laitos.

IBM (2016a). Haettu 2.1.2018 osoitteesta <https://www.ibm.com/news/fi/fi/2016/09/14/watsonfinland.html>

IBM (2017). Haettu 2.1.2018 osoitteesta <https://www.ibm.com/news/fi/fi/2017/12/11/innovationhub.html>

IBM. Haettu 2.1.2018 osoitteesta [http://www-07.ibm.com/systems/hk/power/news/pdf/IBM\\_Watson\\_Fact\\_Sheet.pdf](http://www-07.ibm.com/systems/hk/power/news/pdf/IBM_Watson_Fact_Sheet.pdf)

Kelly, J. E. III & Hamm, S. (2014). *Smart machines: IBM's Watson and the era of cognitive computing*. Columbia Business School Publishing. Haettu osoitteesta <https://ebookcentral.proquest.com/lib/jyvaskyla-ebooks/detail.action?docID=1319720>

Kuusi, O. (2016). Kuinka lähellä ollaan kognitiivisen tietojenkäsittelyn vallankumousta?. *Futura*, 25(2), 30-40.

Lehto, M., Neittaanmäki, P. (2017) *Suomen terveysdataympäristö*. Jyväskylä: Jyväskylän Yliopisto.

Leinonen, J. (2016, 19. lokakuuta). Tekoäly ja oppivat hoitojärjestelmät. Sairaanhoitopiirien kyberturvallisuusseminaari. Haettu 16.12.2017 osoitteesta [http://ssty.fi/download/valmiusseminaari19102016/Kyberturvallisuusseminaari\\_IBM19102016.pdf](http://ssty.fi/download/valmiusseminaari19102016/Kyberturvallisuusseminaari_IBM19102016.pdf)

Liukkonen, L. (2016, 28. tammikuuta). Deep learning - Mitä se on? Haettu 10.1.2018 osoitteesta <http://www.louhia.fi/2016/01/28/deep-learning-mita>

Louridas, P. & Ebert, C. (2016). Machine Learning. *IEEE Software*, 33(5), 110-115.

Lupton, D. (2013). Understanding the human machine [Commentary]. *IEEE Technology and Society Magazine*, 32(4), 25-30.

Mettler, T., Sprenger, M. & Winter, R. (2017). Service robots in hospitals: new perspectives on niche evolution and technology affordances. *Information Systems Research*, 26(5), 451-468.

Meyer, G., Adomavicius, G., Johnson, P., Elidrisi, M., Rush, W., Sperl-Hillen, J. & O'Connor, P. (2014). A Machine Learning Approach to Improving Dynamic Decision Making. *Information Systems Research*, 25(2), 239-263.

Mikkonen J. Terveiden tasa-arvon tulevaisuus. *Demos Helsinki 2015*.

Neittaanmäki, P. & Lehto, M. (2017). *Value from public health data with cognitive computing. Loppuraportti*. (Julkaisu no. 41/2017). Jyväskylä: Jyväskylän Yliopisto. Informaatioteknologian tiedekunnan julkaisuja.

Neti, C., Ebadollahi, S., Kohn, M. & Ferrucci, D. (2012). IBM Watson + Data Analytics: A Big Data Analytics Approach for a Learning Healthcare System. *IEEE Life Sciences*, eNewsletter May 2012. Haettu osoitteesta <http://lifesciences.ieee.org/lifesciences-newsletter/2012/may-2012/ibm-watson-data-analytics-a-big-data-analytics-approach-for-a-learning-healthcare-system/>

Peek, N., Combi, C., Marin, R. & Bellazzi, R. (2015). Thirty years of artificial intelligence in medicine (AIME) conferences: A review of research themes. *Artificial Intelligence in Medicine*, 65(1), 61-75.

Potilasvakuutuskeskus, (2017, 3. helmikuuta). Potilasvahinkoilmoitusten määrä on ollut kasvussa viime vuosina. Haettu 16.12.2017 osoitteesta <http://www.pvk.fi/fi/potilasvakuutuskeskus/ajankohtaista/>

Pöysti, T. (2017). *Digitalisaatio sote-uudistuksessa. Sote-uudistuksen ABC 19.4.2017*. (Sote- ja maakuntauudistus). Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö, Valtiovaranimisteriö.

Ratchinsky, K. 2016. What Digital Innovation in Health Care Will Look Like. Haettu 28.12.2017 osoitteesta <http://observer.com/2016/05/what-digital-innovation-in-healthcare-will-look-like>

Rachlin, H. (2012). Making IBM's Computer, Watson, Human. *Association for Behaviour Analysis International*, 35(1), 1-16.

Reller, T. (2017, 2. kesäkuuta). AI's revolutionary role in healthcare. Haettu 16.12.2017 <https://www.elsevier.com/connect/ais-revolutionary-role-in-healthcare>

Sitra. Hyvinvointidata. Haettu 5.1.2018 osoitteesta <https://www.sitra.fi/aiheet/hyvinvointidata>

Sitra. (2016, 14. syyskuuta). Miksi IBM valitsi Suomen keinoälynsä kehityskedoksi? Haettu 16.12.2017 osoitteesta <https://www.sitra.fi/blogit/miksi-ibm-valitsi-suomen-keinoalynsa-kehityskedoksi>

Sosiaali- ja terveysministeriö (2015). *Parempaa terveyttä genomitiedon avulla. Kansallinen genomistrategia.* (Työryhmän ehdotus). Tampere: Juvenes Print - Suomen Yliopistopaino Oy.

Sosiaali- ja terveysministeriö. (2017). *Valtioneuvoston periaatepäätös. Työterveys 2025 - yhteistyöllä työkykyä ja terveyttä.* (Julkaisu 2017:1). Helsinki: Valtioneuvoston hallintoyksikkö.

Summit. (2015, 28. heinäkuuta). Proactive vs Reactive Healthcare: What's the Difference? Haettu 2.1.2018 osoitteesta: <http://www.summitchirocare.com/proactive-vs-reactive-healthcare-whats-the-difference>

Suomen biopankit. Biopankkien esittely. Haettu 10.1.2018 osoitteesta <https://www.biopankki.fi/biopankkien-esittely>

Tekes (2016). *Tietotyö, julkisen terveydenhuollon aikasyöppö - Tietotyön ajankäyttö sairaanhoitopiireissä 2016.* (Tutkimusyhteenveto). <http://slideplayer.fi/slide/11169575/>

Terveyden ja hyvinvoinninlaitos. (2017, 7. kesäkuuta). Sote-uudistus, talous ja politiikka. Haettu 16.12.2017 <https://www.thl.fi/fi/web/sote-uudistus/talous-ja-politiikka/kustannukset-ja-vaikuttavuus/rahoitus/rahoitusuudistus>

Thompson, E. (2010). *Mind in life*. USA: First Harvard University Press.

Tivi. (2017, 4. huhtikuuta). IBM avasi Helsinkiin terveydenhuollon osaamiskeskuksen. Haettu 18.12.2017 osoitteesta [https://www.tivi.fi/Kaikki\\_uutiset/ibm-avasi-helsinkiin-terveydenhuollon-osaamiskeskuksen-6638672](https://www.tivi.fi/Kaikki_uutiset/ibm-avasi-helsinkiin-terveydenhuollon-osaamiskeskuksen-6638672)

Tivi. (2017a, 22. marraskuuta). HUS kokeili keinoälyä - yksi kolmesta hankkeesta onnistui. Haettu 2.1. osoitteesta [https://www.tivi.fi/Kaikki\\_uutiset/hus-kokeili-tekoalya-yksi-kolmesta-hankkeesta-onnistui-6688671](https://www.tivi.fi/Kaikki_uutiset/hus-kokeili-tekoalya-yksi-kolmesta-hankkeesta-onnistui-6688671)

Torres, R., Wickramasinghe, A., Pham, V. & Ranasinghe, D. (2015). What if you floor could tell someone you fell? A device free fall detection method. *15<sup>th</sup> Conference on Artificial Intelligence in Medicine, AIME 2015, Pavia, Italy, June 17-20* (86-95). Springer International Publishing.

Työ- ja elinkeinoministeriö. (2016). *Yhteistyötä ja työnjakoa. Terveysalan tutkimus- ja innovaatiotoiminnan kasoustrategia. Tiekartta 2016–2018*. (TEM oppaat ja muut julkaisut 7/2016).

Työ- ja elinkeinoministeriö (2017). *Suomi tekoälyajan kynnyksellä*. (Yrityskatsaus 2/2017). TEM Elinkeino- ja innovaatio-osasto.

Valtioneuvosto. Maakunta- ja sote-uudistus. Haettu 16.12.2017 osoitteesta <http://alueuudistus.fi/mika-on-sote-uudistus>

Valvira (2016, 21. tammikuuta). Telemedicine services. Haettu 13.1.2018 osoitteesta <https://www.valvira.fi/web/en/healthcare/telemedicine-services>

Vapaavuori, J. & Vahti, J. (2016, 22. maaliskuuta). Sitra artikkeli: Selvitys: Digitaalisuus, biopankit ja tietovarannot suomalaisen terveysalan keihäänkärjet. Haettu 2.1.2018 osoitteesta <https://www.sitra.fi/artikkelit/selvitys-digitaalisuus-biopankit-ja-tietovarannot-suomalaisen-terveysalan>

Vähäkainu, P. (2017). Digitaalinen terveys ja älykäs terveydenhuollon teknologia. *Tekes-hanke: Value from Public Health Data with Cognitive Computing*.

Vähäkainu, P. & Neittaanmäki, P. (2017). Tekoäly terveydenhuollossa. *Tekes-hanke: Value from Public Health Data with Cognitive Computing*.

Vähäkainu, P. & Neittaanmäki, P. (2017a). IBM-teknologioiden hyödyntäminen terveydenhuollossa. *Tekes-hanke: Value from Public Health Data with Cognitive Computing*.

Vähäkainu, P. & Neittaanmäki, P. (2017b). Digitaalisista sairaaloista kognitiivisiin sairaaloihin. *Tekes-hanke: Value from Public Health Data with Cognitive Computing*.

Vänskä, O. (2017, 8. syyskuuta). IBM:n Watsonin piti mullistaa syöpähoito, mutta tekoäly petti odotukset: "Ei ole edes lähellä". Haettu 12.12.2017 osoitteesta [https://www.tivi.fi/Kaikki\\_uutiset/ibm-n-watsonin-piti-mullistaa-syopahoito-mutta-tekoaly-petti-odotukset-ei-ole-edes-lahella-6674963](https://www.tivi.fi/Kaikki_uutiset/ibm-n-watsonin-piti-mullistaa-syopahoito-mutta-tekoaly-petti-odotukset-ei-ole-edes-lahella-6674963)

Wang, J., Ma, Y., Zhang, L., Gao, R. & Wu, D. (2018). Deep learning for smart manufacturing: Methods and application. *Journal of Manufacturing Systems*. Julkaistu 8. tammikuuta 2018. Haettu osoitteesta <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278612518300037>

Yeow, A. & Goh, K. (2015). Work Harder or Work Smarter? Information Technology and Resource Allocation in Healthcare Processes. *MIS Quarterly*, 39 (4).