

# Epidemiamallinnus Kainuussa 2020

## Contents

<b>1 Taustaa</b>	<b>1</b>
<b>2 Epidemian mallinnuksesta</b>	<b>2</b>
2.1 Epidemiologia, epidemia, pandemia . . . . .	2
2.2 Tilastolliset menetelmät, mallinnus . . . . .	3
2.3 Data . . . . .	4
<b>3 Koronaepidemian mallinnus 2020</b>	<b>5</b>
3.1 Mallinnus Suomessa, THL . . . . .	5
3.2 Mallit maailmalla, yleistä . . . . .	6
3.3 Kainuun alueellinen epidemiamalli/skenaariot . . . . .	6
Kevään 2020 mallinnusta ja tulokset . . . . .	6
Syksyn seuranta . . . . .	8
<b>4 Alueellisen terveydenhuollon resursointi — systeemiskenaarioesimerkkejä</b>	<b>9</b>
4.1 Päivystysaktiviteetin kausivaihtelu 2019 . . . . .	9
4.2 Hoidon resurssisuunnittelun erikoistarve . . . . .	10
4.3 Hoidon resurssisuunnittelun yleistäminen . . . . .	11
4.4 Sote-toiminnan yleinen malliskenaario . . . . .	11
<b>5 Johtopäätöksiä, pohdintaa</b>	<b>11</b>
<b>6 Liitteet</b>	<b>13</b>
6.1 Selvityksen linkit avattuna . . . . .	13

---

## Alueellinen mallinnus/skenaariot Kainuussa pandemiavuoden 2020 aikana

Raportti, 1/2021 (f3), Kyösti Karttunen (FL), data-analyytikko, Kainuun sosiaali- ja terveydenhuollon kuntayhtymä (Kainuun sote)

---

## 1 Taustaa

Keväällä 2020 Eurooppaan levinnyt COVID-19-tauti, koronapandemia, aiheutti eri maissa erilaisia reaktioita ja toimenpiteitä. Myös maiden rajojen sisällä pandemian eteneminen vaihteli eri alueilla. Koska keväällä elimme Suomessa osin vielä tuntemattoman uhan edessä ja keskellä, niin koko terveydenhuoltomme oli varmintaa varautua pahimpaan. Olimme saaneet jo käytännön skenaarioes-

imerkin mm. Italian pohjoisosan tilanteesta. Kuinka siis varautua tännekin leviävään epidemiaan lähiviikkojen tai lähikuukausien aikana?

Pandemiassa ihmisten liikkumisen ennakointi on avainasemassa, maiden välillä ja maan rajojen sisällä. Vaikka liikkuminen lähelle ja kauas on jo kauan ollut luontevaa lähes kaikkialla, niin silti Suomi on tässä hieman erilainen: muutamia keskittymiä lukuunottamatta edelleen harvaan ja hajanaisesti asutettu maa. Meillä mahdollisuudet epidemian etenemisen hallintaan ovat selkeästi erilaiset kuin esimerkiksi Hollannissa.

Koronaepidemian mallinnusryhmä THL:ssä on toiminut neuvoo-antavana elimenä Suomen hallitukselle, kun on ollut tarve arvioida tilannetta ja myös epidemiaennusteita lähiviikoille tai lähikuukausille. Maamme epidemiaennustusten fokus tuntui kevään 2020 aikana keskittyvän pääkaupunkiseudulle ja sen ympäristöön; alueellisia arvioita muihin maakuntiin ei juurikaan kohdistettu. Tämä eräänlainen keskittyminen oli tausta-ajatuksena sille, että maaliskuussa ryhdyimme arvioimaan ja mallintamaan Kainuun maakunnan epidemiatilannetta alueellisesti. Haimme taustatukea päätöksille onko paikallinen/alueellinen varautuminen ollut riittävää, vai olisiko kenties jotain lisää huomioitavaa resursoinnissa. Ja yleisemmin, pystymmekö, tai pystyisimmekö luomaan data-analyysin ja mallinnuksen avulla laajempia tai tarkempia skenaarioita alueellisen terveydenhuollon eri tilanteita varten?

Tässä raportissa kerrataan pääkohdat Kainuun alueellisen mallinnuksen ajatuksista ja toimista vuoden 2020 aikana. Työ liittyy Kainuun liiton maakunnan omaehtoisen kehittämisen hankkeeseen (koronahaku) rahoittamaan hankeeseen KAICO/sote. Raportissa<sup>1</sup> esitellään monia keskeneräisiäkin graafeja, malleja, visualisointia, jotka ovat pohjana mahdollisten kehityspolkujen jatkumiselle mutta joita ei hankkeen aikana vielä voitu viedä loppuun asti. Lisäksi esitellään joitain esilletulleita oheisaiheita.

Työn eteneminen raportoitiin pandemiapäällikkö O-P Koukkarille.

---

(Raportin suositeltavassa html-verkkoversiossa osa lukutekstin avainsanoista näkyy selaimessa värillisenä, jolloin se toimii myös suoraan linkkinä sanaa/aihetta tarkentavalle www-sivulle. Avainsanojen linkit on avattu hyperlinkkilistaksi raportin lopussa. Sitä tarvitaan lähinnä raportin paperituloste- ja pdf-version kanssa, mikäli lukija haluaa tutustua avainsanan takana olevaan sivuun/sivustoon. Linkkien voimassaolo tarkistettu 1-2/2021)

---

## 2 Epidemian mallinnuksesta

### 2.1 Epidemiologia, epidemia, pandemia

Wikipedia määrittelee alan termistöä seuraavasti:

**Epidemiologia** on terveys- ja lääketieteen ala, joka tutkii terveyttä ja terveyteen liittyvien tekijöiden esiintyvyyttä, yhteyksiä ja syitä väestötasolla. Epidemiologia voisi kääntää siis väestöterveystieteeksi.

**Epidemia** on tilanne, jossa tartuntatauti esiintyy poikkeuksellisen suurella osalla jonkin tietyn alueen väestöstä. Epidemiaksi kutsutaan myös muualta tullutta kulkutautia tai taudin merkittävää

---

<sup>1</sup>Raportin html-versiossa osa lukutekstin avainsanoista näkyy selaimessa värillisenä, jolloin se toimii myös suoraan linkkinä sanaa/aihetta tarkentavalle www-sivulle. Linkkien voimassaolo tarkistettu 1-2/2021)

leviämistä. *Epidemia rajoittuu tiettyyn maahan tai maanosaan. Erityisen suurta ihmisjoukkoa tai suurta maantieteellistä aluetta koettelevaa epidemiaa kutsutaan **pandemiaksi**.*

Tässä dokumentissa käytetään COVID-19 -taudista termiä *pandemia*, kun aihetta käsitellään globaalisti, ja *epidemia*, kun käsittely on alueellista. Niin globaalisti kuin alueellisestikin tärkeä kysymys on: mitä menetelmiä meillä on ennustaa epidemian tai pandemian etenemistä?

## 2.2 Tilastolliset menetelmät, mallinnus

Biostatistiikka on monitahoinen ja -menetelmäinen tilastotieteen erikoisala, mikä liittyy keskeisesti epidemiologian tukimukseen. Sen erään osa-alueen, epidemian selvitystyön (diagnoosi, tapauskäsittelyt, laboratoriotutkimus, torjuntatoimet, jne) rooli on koronaviruspandemian edetessä ja ennustamisessa selvästi korostunut. Epidemian tai pandemian mallinnus/ennustus voi kuitenkin toimia ideaalisti vain tarkasti määritellyssä laskentaympäristössä (linkki: visuaalinen esimerkki), tai lähes ideaalisti esimerkiksi kontrolloidussa koe-eläinpopulaatiossa. (Esim. *Animal models for COVID-19*, Nature-julkaisu)

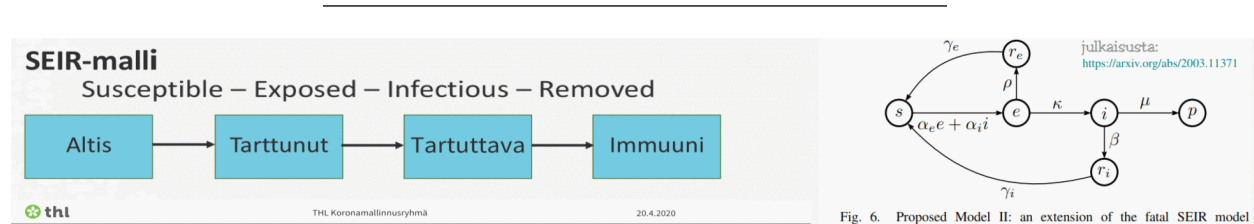


Figure 1: Kuva:SEIR, erään epidemian etenemismallin kaavioesimerkki. Vasen: perusmalli, THL 4/2020. Oikea: erään julkaisun extended malli.

Kun näitä periaatteita sovelletaan yhteiskuntaan, ihmisten reaalityöeläisyyteen, niin epidemian ja pandemian etenemisen mallinnukseen olennaisesti vaikuttaviin tekijöihin ja muuttujiin on otettava mukaan mm. seuraavat: tarttuvuus, itämisaika, liikkuvuus, kontaktit, ikäryhmät, jne. Ja kun näitä tekijöitä puetaan matemaattiseen tai tilastolliseen malliin, niin tuloksena on poikkeuksetta yksinkertaistus kuten SEIR -perusmalli ilman eroteltuja oheismuuttujia. Mutta mitä kaikkea yksinkertaistetaan ja kuinka paljon? Tähän liittyy paljon huomioitavaa:

1. Kuinka paljon monia vaikuttavia muuttujia voidaan keskiarvoistaa perusmalleihin että malli vielä toimisi? (Esim. toimivuus: tiheät vs. harvat alueet)
2. Kuinka paljon muuttujien ääriarvot vaikuttavat mallin onnistumiseen, esimerkiksi vakavasti sairast ja toisaalta oireettomat?
3. Riittääkö SEIR-mallin neljä osastoa,  $S>E>I>R$ , kuvaamaan koko prosessia; esimerkiksi immunitetti voi olla vain väliaikainen, jolloin mallin osastokuvausta on laajennettava vaikkapa  $M>S>E>I>R>S$ -malliksi.

Edellä muutama huomio, myös muita seikkoja löytyy.

Vuosi 2020 räjäytti niiden verkkosivujen ja julkaisujen määrän, joiden sisältö liittyy jollain tavoin epidemian mallinnukseen. Niissä on paljon yhteistä, mutta myös tutkimuksellista medialukutaitoa tarvitaan liian suoraviivaisten johtopäätösten estämiseksi.

## 2.3 Data

Suomen koronaviruspandemian aikajanalla mainitaan merkittävimmät toteutuneet muuttujien arvot (Suomessa). Tarkempi julkiseen käyttöön tarkoitettu Suomen avoin data löytyy THL:n sivustolta.

Kun aika kuluu, niin epidemiasta kertyy toteutunutta dataa, historiaa, jota voi hyödyntää myös mallinnuksessa, tulevan ennustuksissa tai skenaarioissa. Mallit monimutkaistuvat teknisesti, kun mukaan otetaan jo kerättyä dataa. Toisaalta tällöin hyvin laadittujen oppivien mallien tulosten luotettavuus paranee, usein jopa huomattavasti.

Aina on hyödyllistä tarkastella kuinka mallit ja ennustukset ovat onnistuneet. Seuraavassa kuvassa Espanjan tilanne noin kahden kuukauden ajalta keväällä 2020 sovitettuna huhtikuun lopulla jälkikäteen SEIR-malliin.

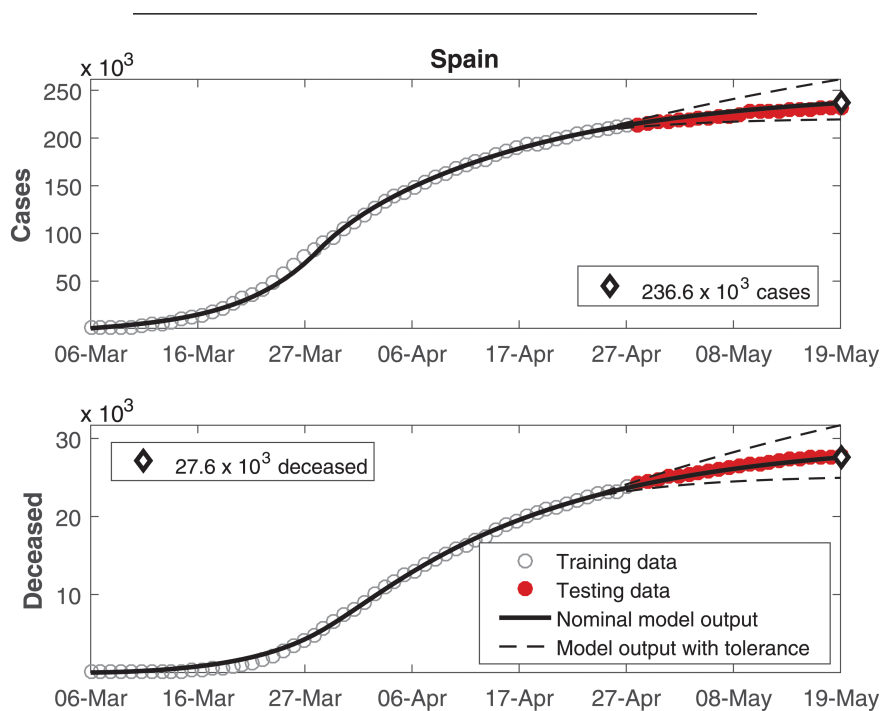


Figure 2: Kuva: SEIR-epidemiamallin toteutuminen ja laskenta jälkikäteen Espanjassa 2020 alkupuoliskolla tutkimuksen (<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236386>) perusteella.

Kuten graafissa on esitetty, niin lyhyehkö aikajanasovitus voi onnistua kohtalaisesti. Toisin kuin satunnaisympäristöissä, niin lähes poikkeuksetta tällainen mallien sovitus ei useinkaan onnistu kovin hyvin pidemmällä ajalla ihmisten reaalityöeläisyydessä. On liikaa muuttuvia ulkoisia tekijöitä, joista esimerkkinä voidaan mainita viranomaispäätökset, uudet säännöt ja ohjeet, niiden seuraukset, sekä ihmisten käyttäytymiseen liittyvät muutokset. Niinpä loppuvuoden 2020 aikana koronaepidemian mallinnuksessa ennustemalleja esiteltiin yhä useammin vaihtoehtoisina skenaarioina, kun aikaa kuluu jonkin verran eteenpäin, viikkoja tai muutamia kuukausia, mallin lähtöarvoja vaihdellen.

## 3 Koronaepidemian mallinnus 2020

### 3.1 Mallinnus Suomessa, THL

THL:n koronapandemiaan dedikoitu mallinnusryhmä joutui koetukselle heti keväällä 2020 koronaepidemian levitessä Eurooppaan. Viruksen kaikkia leviämisoimaisuuksia ei vielä tiedetty kunnolla, eivätkä Itävallan ja Italian tartuntaryppäiden esimerkit olleet aiemman epidemiamallinnuksen lähtötilanteen tyypillisiä oppikirjaesimerkkejä. Pandemian alkuvaiheen mallintamisen tiedot (pdf-kooste, THL) ja epidemiamallinnuksen yleisosaaminen antoi kuitenkin hyvät lähtökohdat luoda aiempaa realistisempia skenaarioita Suomeen, minkä perustella hallitus tarkensi strategiat ja toimenpiteet kesäkuusta eteenpäin.

Mallinnusryhmä piti vuoden 2020 aikana kolme webinaaria koronaepidemian mallinnuksesta Suomessa. (Webinaarien materiaali, linkki täällä.)

1. Mallinnuksen periaatteista ja keskeisistä parametreista (20.4.2020)
2. Skenaariomalleista oppiviin malleihin (11.5.2020)
3. Epidemian skenaarioiden mallinnus (14.12.2020)
  - Tilannekuva – skenaarioiden perusta
  - Vaihtoehtoisia kehityskulkuja
  - Tavoitteita
    - Parantaa epidemian ymmärtämistä
    - Hahmottaa lähestymistapojen eroja
    - Antaa suuruusluokka-arvioita,

Kolmannen webinaarin sisältö kertoo ja kuvaa myös korona-epidemian mallinnuksen ison linjan oppimisprosessia vuoden aikana niin Suomessa kuin laajemminkin. Seuraavassa kuvassa esimerkki yhdestä kolmannen webinaarin skenaariosta sairaalapaikkojen käytölle 12/2020 - 7/2021.

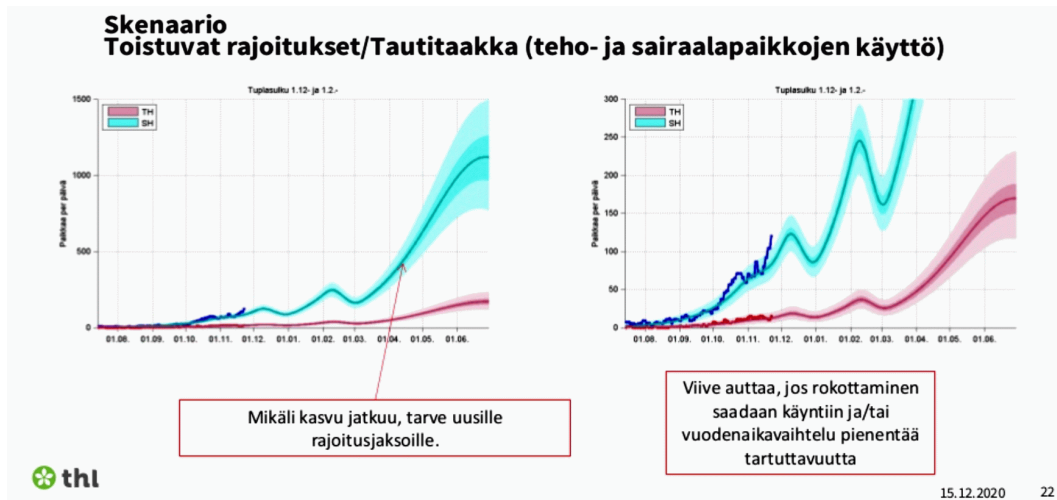


Figure 3: Kuva: TLH:n mallinnusryhmän eräs sairaalapaikkaskenaario keväälle 2021

THL:n lisäksi Suomessa on toiminut aktiivisesti muitakin ryhmiä kansallisen epidemiamallinnuksen alueella. Aiheelle on perustettu oma Wikipedia-sivu: Suomen koronavirusepidemiaa ennustavat mallit, joka kertoo monia aihepiirin tapahtumia vuoden 2020 aikana sekä tarjoaa laajan lähdeluettelon.

### 3.2 Mallit maailmalla, yleistä

Koronapandemian globaalista mallinnuksesta löytyy paljon tietoa, esimerkiksi portaali MIDAS. Useat suuret yliopistot ja järjestöt tarjoavat sivuillaan pandemiadatan infografiikkahistorian (WHO, Johns Hopkins,...) lisäksi myös tilanneskenaarioita lähikuukausille, harvoin kauemmaksi. Näitä skenaarioita on laadittu eri menetelmillä, mutta perusoletuksena otosmäärä  $N$  niihin on suuri (peruspopulaatio  $N$  satoja tuhansia tai miljoonia). Mutta voidaanko maailmanmalleja skaalata alaspäin ja soveltaa silloin kun  $N$  on pieni, kymmeniä tuhansia tai alle?

### 3.3 Kainuun alueellinen epidemiamalli/skenaariot

Epidemiamallinnus maailmalla tai Suomessa ennustaa yleisen tilanteen siitä kuinka tilanne *voisi kehittyä* lähikuukausina. Tapahtunut ja tallennettu epidemiologinen data kertoo myös alueittain ja paikkakunnittain mitä sen mitä *on tapahtunut*. Mutta kuinka voisimme mallintaa ja *ennustaa alueellisesti* epidemian etenemistä?

Suuren asukastiheyden alueille voidaan soveltaa pääosin samoja mallinnusperiaatteita kuin valtakunnallisesti, mutta pienten asukastiheyksien alueet eivät enää tilastollisesti noudata suuren mittakaavan mallinnuksen oletuksia.

### Kevään 2020 mallinnusta ja tulokset

THL:n mallien pohjana keväällä 2020 oli SEIR-periaate. Huhtikuussa samaa perusmallia skaalattiin Kainuuseen. Laskennallisen ohjelmointiympäristön lisäksi mallin kehitystyöhön käytettiin hyväksi systeemidynamiikan (system dynamics, SD) osin graafispohjaisia ohjelmointityökaluja. Mallin laatimiseen käytettiin kahta saman valmistajan (Ventana Systems, Inc) systeemidynamiikan ohjelmaa, Vensim ja Ventity. Näillä SD-alalla suosituilla ohjelmilla toteutetut systeemidynamiikan periaatteet mahdollistavat erilaisten skenaarioiden laskennallisesti vaativatkin toteutukset myös visuaalisen kehitys- ja raportointiympäristön avulla. Toisaalta käyttäjältä edellytetään matemaattisten menetelmien tunteusta (mm. differentiaaliyhtälöryhmät, tilastomatematiikka) ja ohjelmointitaita.

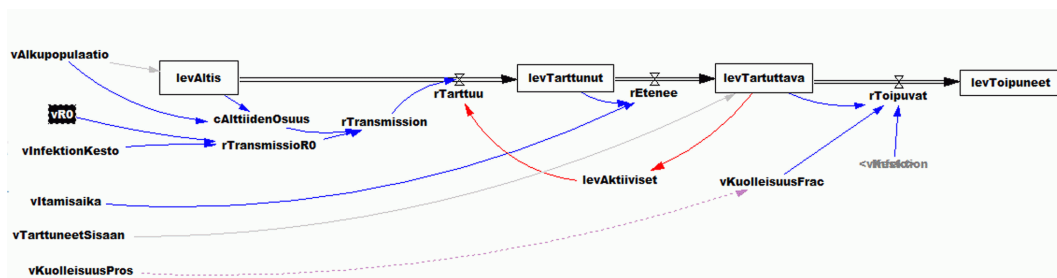


Figure 4: Kuva: Ventana Systems Inc:n SEIR-perusmallin (Tom Fiddaman) pohjalta kehitetyn laajennuksen peruskaavio Vensim-ympäristössä. Malli oli pohjana Kainuun alueelliselle epidemiamallille.

Koko kevään ajan epidemian mallinnusparametreista esiintyi eniten, julkisuuteenkin esille noussut, tilastollisesti määritelty tartuttavuusluku (perusuusiutumisluku)  $R_0$ , mikä on yleinen ja tärkeä epidemiamallien laskentaparametri, kun ennustetaan taudin etenemistä.

Seuraavassa kuvassa esitetään toukokuussa 2020 lasketut Kainuun SEIR-pohjaisen epidemiamallin neljä skenaariota (1,2,3,4) taudin etenemiselle noin vuodeksi eteenpäin. Grafiikassa esitetään kolme tulosuuttujaa:

1. Alttiit - kuinka alttiiden henkilöiden määrä vähenee
2. Teholla - käyrä kuvaa tehohoidon tarpeen kehittymistä
3. Toipuneet - toipuneiden määrän kehitys

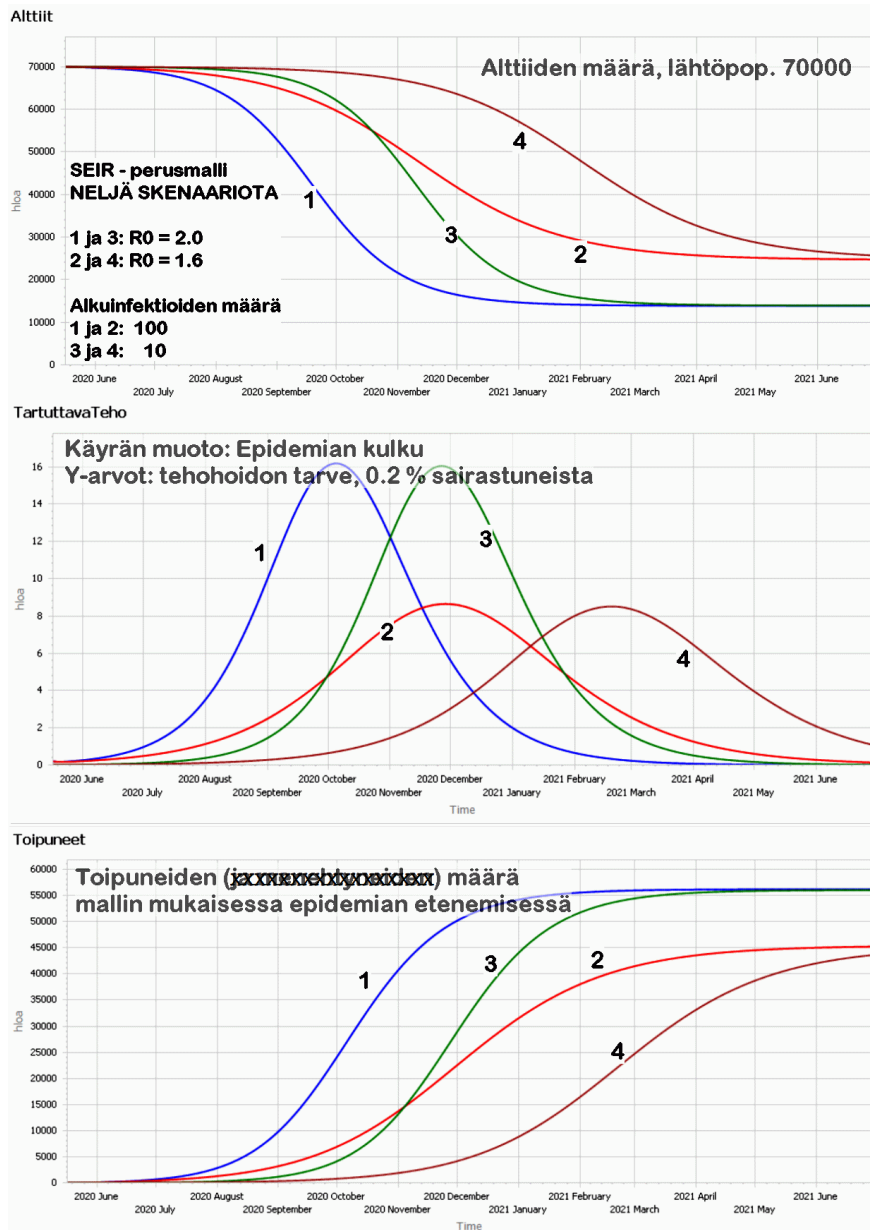


Figure 5: Kuva: 5/2020 laskettu SEIR-pohjainen epidemiamalli, joka ennusti laskennallisesti epidemian etenemistä Kainuussa.

Käyristä havaitaan, että alkukesän taantuman jälkeen tietyillä  $R_0$ :n ja mallin alkuinfektioiden arvoilla odotettu toinen aalto esiintyi Kainuussa syksyllä. Ajallisesti näin tapahtuikin (ks. myöh. kuva: Syksyn seuranta). Huomattavasti laskennallista skenaariota enemmän ajoitukseen vaikuttivat

kuitenkin valtakunnalliset sekä alueelliset liikkumis- ja kokoontumisrajoitteet. Ohjaavien vaikutusten laskennallinen liittäminen malliin on haastavaa, koska ihmisten tekemien ohjaavien päätösten (hallitus, maakunnat, kunnat) satunnainen ennustaminen tulevaisuuden aikajanalla ei ole järkevää. Toisaalta determinististen muutosten liittäminen joihinkin SD-malleihin on mahdollista, jos niitä halutaan huomioida.

Loppukevällä testattiin myös **laajennettua alueellista mallia**, johon liitettiin laskennallisesti ympäröivän yhteiskunnan piirteitä ja resursseja:

- ihmisten käyttäytyminen (*behavioral risk*)
- tarttuneiden eristys (*isolation effectiveness*)
- sairaalan kapasiteetti (*hospital capacity and strain*)
- terveydenhuollon kapasiteetti (*public health capacity and strain*)
- systeemin tuodut infektiot (*imported infections*)
- vuosi-/kausivaikutus (*effect of season*)

Tämän laajennetun mallin SD-kaavio esitetään alla.

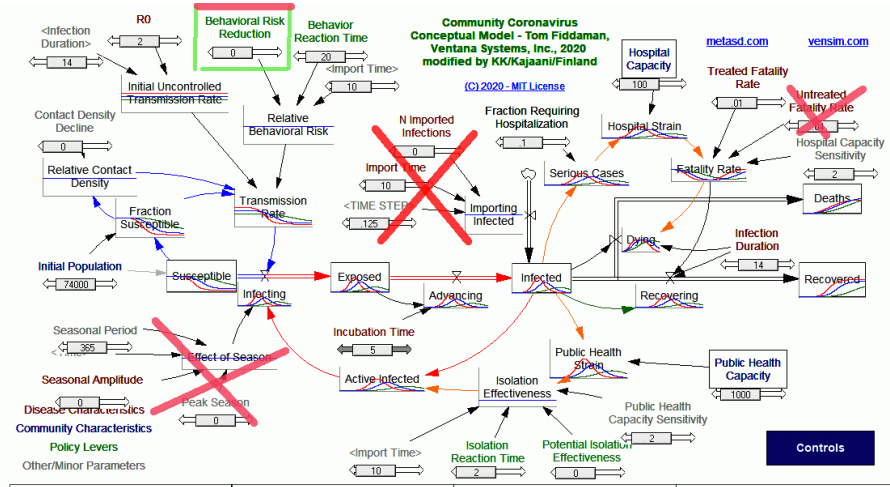


Figure 6: Kuva: Laajennetun epidemiamallin SD-peruskaavio

Laajennettu malli ei testatuilla lähtöarvoilla oleellisesti muuttanut aiemman mallin ja kuvan skenaarioita eikä tärkeimpiä tuloslukuja, joten sen käyttö kesällä hiipuneen epidemian tulevaan ennustukseen ei enää ollut relevanttia. Toisaalta tämän laajennetun mallin testaukset toivat esille mahdollisuuden hyödyntää systemidynamiikan työkaluja epidemian hallinnan lisäksi myös terveydenhuollossa, ja yleisemmin myös monitahoisten ja monimutkaisten yhteiskunnallisten prosessien tilanneskenaariossa.

### Syksyn seuranta

Suomessa koronaepidemia hiipui kesällä alhaiselle tasolle. Silti ennakoitiin epidemian nk. toista aaltoa syksyn aktiviteettien myötä. Näin tapahtuikin, eräällä tavoin myös Kainuussa.



Seuraavassa kuvassa esitetään COVID-19 -tapausten viikottainen tilastointi Kainuun sairaanhoitopiirissä 2020. Selkein ero syksyn ja kevään tapausten esiintyvyydessä nähdään yhtenäisyydessä aikajanalla. Viikotarkastelussa kevään tapausten esiintyvyys on yhtenäinen kun taas syksyllä se näkyy purskemaishan, mikä jo kertoo yksittäisten tartuntojen jäljityksen ja eristystoimenpiteiden onnistumisesta. Tällaisessa tapaus- ja toimenpideympäristössä ei alueellista epidemiamallinnusta ollut syytä harkita uudestaan edes skenaariomielessä. Mallin epävarmuus olisi ollut liian suuri.

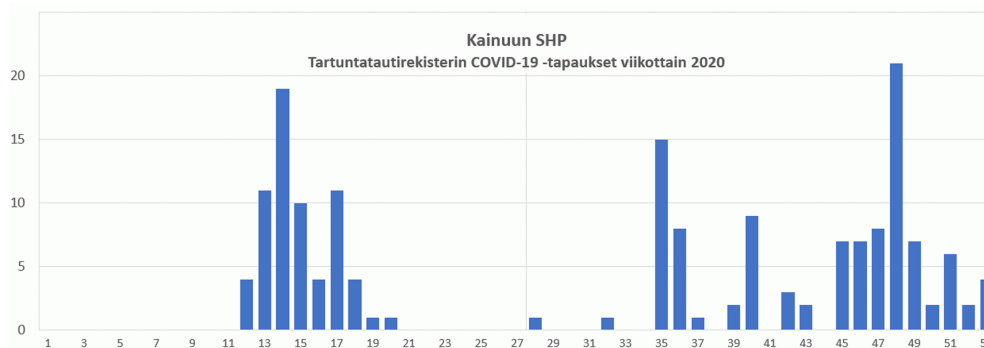


Figure 7: Kuva: Kainuun SHP, COVID-19 -tapaukset 2020, viikotarkastelu

## 4 Alueellisen terveydenhuollon resursointi — systeemiskenaarioesimerkkejä

Systeemidynamiikan (SD) työkalujen käyttö alueellisessa epidemiamallinnuksessa toi esille niiden hyödyntämismahdollisuuden myös laajempien ja aikajanalla muuttuvien monimutkaisten toiminnallisten kokonaisuuksien hallintaan. Tämä tausta-ajatus mielessä laadittiin periaatetasolla muutamia kaavioluonnoksia Kainuun sotien joidenkin toimintojen dynamiikasta. Luonnoksissa on puutteita, mutta ne antavat palautetta ja näkymää SD:n käyttömahdollisuuksista siihen, voitaisiinko dataa ja systeemidynamiikan mallinnusta yhdessä hyödyntää jopa sotien toiminnan joidenkin osien optimoimiseksi, tai aluksi vähintään päätöksenteon tueksi.

Toiminnan SD-prosessoinnin lisäksi datan antama informaatio on myös avainasemassa SD-mallien laatimisessa. Tarkastellaan seuraavana eräs dataesimerkki.

### 4.1 Päivystysaktiviteetin kausivaihtelu 2019

Koko maan influenssatilannetta seurataan THL:ssä jatkuvasti, mutta koronapandemia toi poikkeustilanteen vuoden 2020 flunssa- ja influenssavirusten kierto. Tyypillisen vuoden flunssakausia voidaan kokemuspohjaisesti ennustaa myös alueellisesti karkealla tarkkuudella. Alueiden flunssa- ja influenssavirusten kausivaihtelu tuo luonnollisesti vaihtelua terveydenhuollon päivystysaktiviteettiin. Voitaisiinko tämän kausivaihtelun ennakoimisessa huomioida myös resursoinnin vaihtelutarve tai optimointi? Tähän hypoteesiin saa enemmän näkymää ja konkretiaa päivystysdatasta.

Vuoden 2019 päivystysdatasta (neuvonnat, käynnit) ja Kainuun sotien sairauspoissaolodatasta tehtiin aikajanagraafit. Siitä havaitaan, että päivystyksen käyntien ja neuvonnan sekä poissaolojen aikajanatrendeissä on selvää yhtenäisyyttä. Tässä ensitarkastelussa ei vielä huomioitu oheismuuttujia, joita on otettava mukaan, jotta aikajanan peruskorrelaatioita voitaisiin tarkentaa ja kenties hyödyntää resursointimielessä.

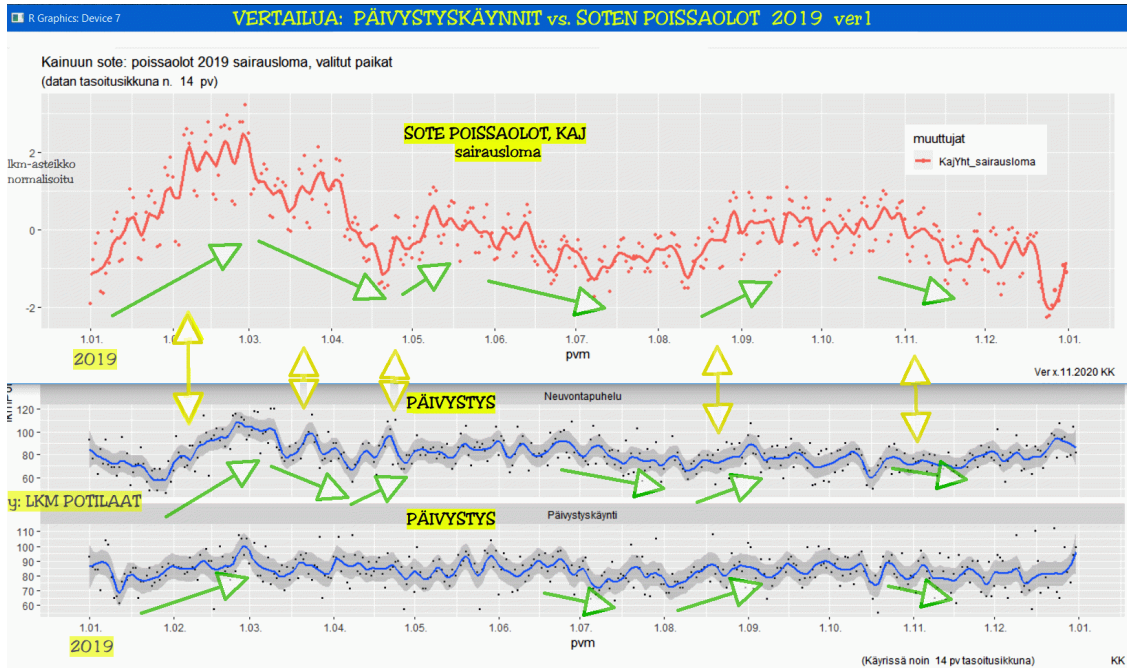


Figure 8: Kuva: Poissaolojen ja päivystysaktiviteetin kausivaihtelu 2019

Graafeista havaitaan samansuuntaisia selkeitä nousuja ja laskuja pienin aikajana-datalle tyypillisin aikaviivein. Tässä esimerkkitapauksessa datan esikäsittelyn monivaiheisuus ei mahdollistanut monipuolisempaa analyysiä. Toisaalta käytetty data-analyysijärjestelmä mahdollistaa tarkan datan lohkomisen ja keskinäistarkastelun aina esimerkiksi yksikkö- tai työtehtäväkohtaiseen aikajana-analyysiin asti.

## 4.2 Hoidon resurssisuunnittelun erikoistarve

Toisin kuin pandemiavuonna 2020 flunssa-/influenssakaudet harvoin aiheuttavat tarvetta suuriin äkillisiin resurssien allokointimuutoksiin. Kevään 2020 epävarmuus tulevaisuudesta antoi kuitenkin motiivin tarkastella ja pohtia Kainuussakin systeemimallia, jonka avulla resurssien kohdistus voitaisiin suunnitella ja optimoida ennalta erikoistilanteita - kuten pandemiaa - varten.

Seuraavana esitetään äkillisen tai nopeasti nousevan erikoistarpeen luoman tilanteen hoitamiseksi resursoinnin yksinkertainen yksisuuntainen esimerkinomainen “uimaratomalli”. Hoidon tai huomion tarpeessa oleva asiakas asetetaan alussa yläradoille 1, 2 tai 3, mistä hän jatkaa oikealle hoitotarpeensa mukaisesti kunnes hoidon tarve on ohi. Radat kuvaavat eriateisen hoidon tarvetta luokka-asteikolla: Ei oleellisia toimenpiteitä (ylin rata), Opastus, Perushoito, Intensiivihoido, Tehohoito, ja alimpana Terveydehuollon aktiiviyön taustaresurssit

Tämän uimaratomallin kehitys jäi palaveri- ja keskusteluvaiheeseen, mutta se voisi jatkossa antaa erään näkökulman ja mallin erikoistilanteiden kehitystyöhön.

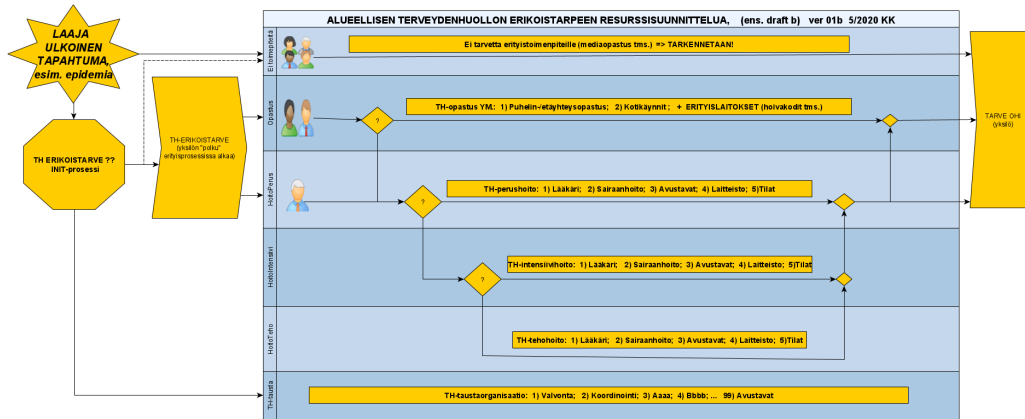


Figure 9: Kuva: Erikoistarpeen resursoinnin eräs linjaskenaario (uimaratamalli)

### 4.3 Hoidon resurssisuunnittelun yleistäminen

Laajaa mallia ei useinkaan ole suunniteltu huomioimaan kovin yksityiskohtaisia erikoistapauksia. Toisaalta kapeaa erikoistapauksen mallia voidaan lähteä laajentamaan ja yleistämään. Edellisen kuvan uimaratamallia voidaan laajentaa eräänlaiseksi kerrosvoileipämalliksi, jolloin sen käyttömahdollisuudet laajenevat huomattavasti erisisältöisten uimaratojen myötä. Tämän yleistyksen erästä periaatetta kuvataan seuraavana (kuva: Erikoistarpeen resurssit, linjaskenaarion yleistys), jolloin esim. eri ikäryhmien ja erilaisten yksiköiden tilanteisiin voidaan samaa pohjaa käyttäen luoda oma niille soveltuva spesifinen uimaratamalli.

Kuten monet toimenpiteet vuonna 2020, niin tämän laajennetunkin aiheen, uimaratakerrosvoileipämallin jatkotoimet laantuivat syksyn aikana.

### 4.4 Sote-toiminnan yleinen malliskenaario

Systemidynamiikan työkalujen käyttö alueellisessa epidemiamallinnuksessa toi esille niiden hyödyntämismahdollisuuden myös laajempien ja aikajanalla muuttuvien monimutkaistenkin toiminnallisten kokonaisuuksien hallintaan. Tämä tausta-ajatus mielessä laadittiin periaatetasolla karkea ja vielä puutteellinen SD-kaavioluonnos Kainuun soten toimintadynamiikasta. Oheinen kuva (Kainuun sote, Systems Dynamics model) antaa yleisnäkymän suunnittelun periaatteista.

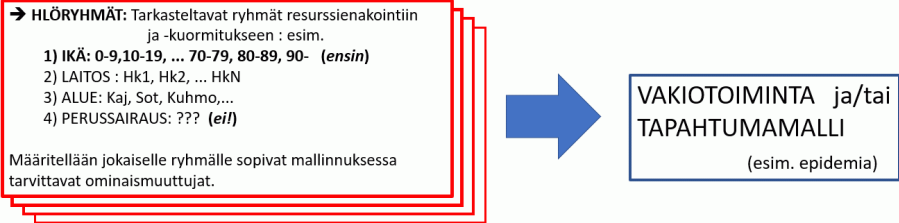
Isojen ja kompleksisten organisaatioiden toimintamallien kuvaus on aina tasapainoilua selkeyden ja oikellisuuden välillä, koska kaavion oikeellisuuteen vaikuttaa aina sen käyttötarkoitus. Staattista “integroitua” tilaa kuvaava organisaatiokaavio on näkymältään hyvin erilainen kuin dynaaminen systeemimalli, jonka kehitystyön alkuvaihetta edellinen kuva hahmottaa.

## 5 Johtopäätöksiä, pohdintaa

Koronapandemia toi globaalisti esille yhteisöjen monia erilaisia akuutteja selviytymis- ja toimintamalleja, joita sitten pakon sanelemana testattiin eri puolilla maapalloamme vaihtelevalla menestyksellä. Vaikka rokotteet saatiin mukaan lieventämään tilanteita, niin parannettujen toimintamallien soveltaminen käytäntöön jatkuu vielä 2021.

# Resurssiskenaariomallinnuksen rakenne – RESURSSILINJAT

keskustelun pohjaksi (Jyrki P, O-P K.)



## Kuormituksen (A,B,C,...,n) mukaiset RESURSSILINJAT – PERIAATEKAAVIO:

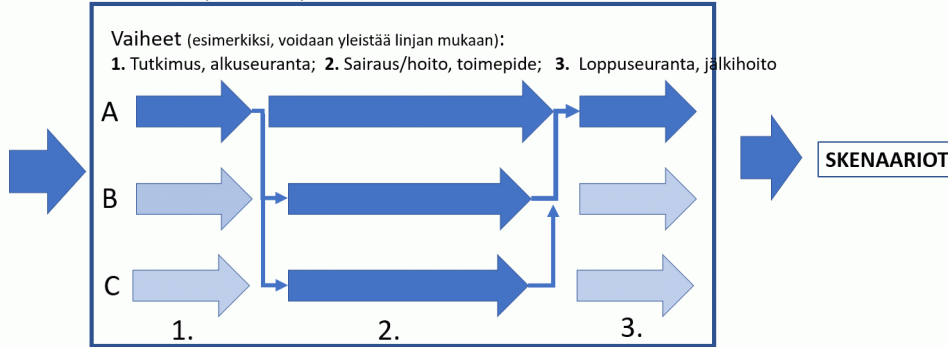


Figure 10: Kuva: Erikoistarpeen resurssit, linjaskenaarion yleistys

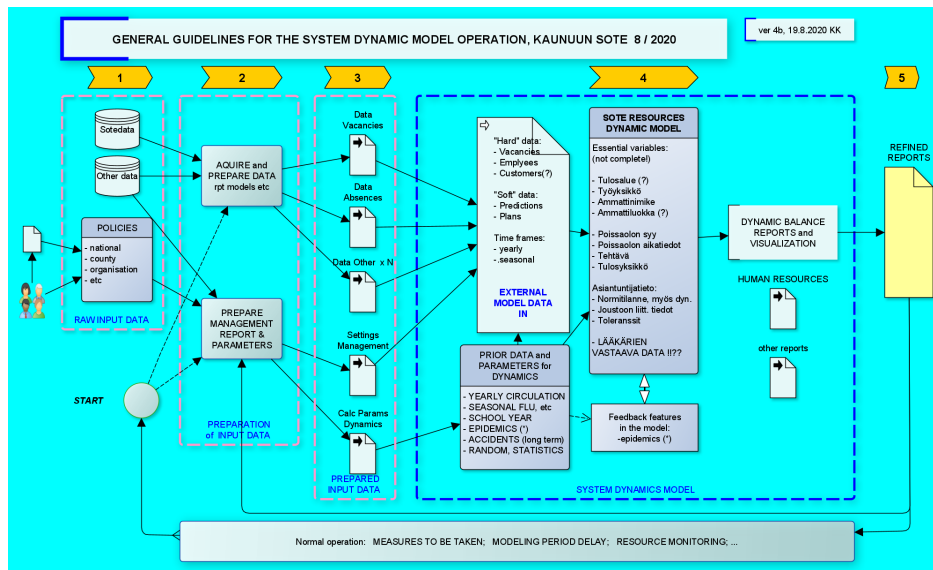


Figure 11: Kuva: Kainuun sote, Systems Dynamics model, rough sketch

Suomen toimintamallit ja alueellisesti täsmennetyt toimenpiteet ovat estäneet syksyn toisen aallon kontrolloimattoman leviämisen maahamme, kun verrataan tilannetta muuhun Eurooppaan. Ovatko toimenpiteet täällä olleet riittäviä? Ovatko ne olleet ylimitoitettuja? Näistä kysymyksistä keskustellaan edelleen vuoden 2021 aikana rokotushjelman jatkuessa. Lisäväriä ja haastetta tilanteeseen ovat tuoneet virusvariantit, joiden muutamien tarttuvuusprofiili ja rokoteresistenssi on jo osoitettu erilaiseksi kuin perusversion.

Kevät 2020 toi tarpeen muokata myös Kainuun terveydenhuollon valmiutta epidemiaan, aluksi akuutisti, mutta myös pitemmän tähtäimen suunnittelu aloitettiin, mihin toimenpiteet tämän raportin taustalla keskittyivät. Kun katsotaan tilannetta sillä pitemmällä tähtäimellä, niin monitahoisen data-analytiikan sekä dynaamisten systeemianalyysimallien avulla on mahdollista kuvata ja suunnitella laajemmin sekä monipuolisemmin maakunnallisen monilokeroisen soteorganisaation toimintaa, missä asioiden dynaamiset syy/seuraussuhteet eivät aina ole suoraviivaisia eivätkä noudata organisaatiomallien logiikkaa.

## Lopuksi

Tässä raportissa esitetyn data-, mallinnus- ja skenaarioanalyysin lähtökohtana oli alkujaan koronaepidemian alueellinen hallinta ja taustatiedon luominen päätöksiä varten. Muutamat käsitellyt oheisaiheet jäivät nk. vaiheeseen, eli niiden työstäminen aloitettiin mahdollista jatkokäsittelyä varten, mihin ei sittemmin nähty tarvetta kun peilattiin globaalia, kansallista ja alueellista epidemiatilannetta. Kuitenkin kaikesta pohjatyöstä tuli esille selkeä näkemys siihen, että käytetyt laskennan ja mallinnuksen menetelmät, työkalut ja osaaminen mahdollistavat laajan data-analyysi-, mallinnus- ja skenaariopohjaisen työkalupakin laatimisen moneen eri tarkoitukseen. Ne mahdollistavat myös uudenlaisen taustatiedon luomisen terveydenhuollon organisaation dynaamiseen toimintaan sekä sen päätöksentekoprosesseihin.

---

---

## 6 Liitteet

### 6.1 Selvityksen linkit avattuna

Tätä listaa tarvitaan lähinnä raportin paperiversion kanssa, mikäli lukija haluaa tutustua avainsanan takan aolevaan sivuun/sivustoon. Linkkien voimassaolo tarkistettu 1-2/2021. Monessa termissä viitataan Wikipedian artikkeleihin, joiden luotettavuus on tavanomaisissa termeissä hyvällä tasolla.

- **Taustaa**
  - COVID-19-tauti
    - \* <https://fi.wikipedia.org/wiki/COVID-19>
- **Epidemian mallinnuksesta**
  - Perustermit
    - \* Epidemiologia: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Epidemiologia>
    - \* Epidemia: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Epidemia>
    - \* Pandemia: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Pandemia>
  - Biostatistiikka
    - \* [https://fi.wikipedia.org/wiki/Biometria\\_\(tilastotiede\)](https://fi.wikipedia.org/wiki/Biometria_(tilastotiede))
  - epidemian selvitystyö
    - \* [https://fi.wikipedia.org/wiki/Epidemiologia#Epidemian\\_selvitys](https://fi.wikipedia.org/wiki/Epidemiologia#Epidemian_selvitys)

- koronaviruspandemia
  - \* [https://fi.wikipedia.org/wiki/Koronaviruspandemia\\_2019%E2%80%932020](https://fi.wikipedia.org/wiki/Koronaviruspandemia_2019%E2%80%932020)
- SIR-malli, yksinkertainen esimerkki
  - \* [https://en.wikipedia.org/wiki/Compartmental\\_models\\_in\\_epidemiology#/media/File:SIR\\_model\\_simulated\\_using\\_python.gif](https://en.wikipedia.org/wiki/Compartmental_models_in_epidemiology#/media/File:SIR_model_simulated_using_python.gif)
- muuttujat
  - \* [https://fi.wikipedia.org/wiki/Riippuvat\\_ja\\_riippumattomat\\_muuttujat](https://fi.wikipedia.org/wiki/Riippuvat_ja_riippumattomat_muuttujat)
- tarttuvuus: <https://en.wikipedia.org/wiki/Infectivity>
- itämisaika: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Inkubaatio>
- liikkuvuus: [https://en.wikipedia.org/wiki/Individual\\_mobility](https://en.wikipedia.org/wiki/Individual_mobility)
- ikäryhmät: [https://en.wikipedia.org/wiki/Demographic\\_profile](https://en.wikipedia.org/wiki/Demographic_profile)
- malli
  - \* matemaattinen malli: [https://en.wikipedia.org/wiki/Mathematical\\_model](https://en.wikipedia.org/wiki/Mathematical_model)
  - \* tilastollinen malli: [https://en.wikipedia.org/wiki/Statistical\\_model](https://en.wikipedia.org/wiki/Statistical_model)
- SEIR-malli (eräs osastomalli, compartmental model)
  - \* [https://en.wikipedia.org/wiki/Compartmental\\_models\\_in\\_epidemiology#The\\_SEIR\\_model](https://en.wikipedia.org/wiki/Compartmental_models_in_epidemiology#The_SEIR_model)
- keskiluku
  - \* <https://fi.wikipedia.org/wiki/Keskiluku>
- muuttujien (otoksen) ääriarvot
  - \* [https://en.wikipedia.org/wiki/Sample\\_maximum\\_and\\_minimum](https://en.wikipedia.org/wiki/Sample_maximum_and_minimum)
- M>S>E>I>R>S-malli
  - \* [https://en.wikipedia.org/wiki/Compartmental\\_models\\_in\\_epidemiology#The\\_MSEIRS\\_model](https://en.wikipedia.org/wiki/Compartmental_models_in_epidemiology#The_MSEIRS_model)
- epidemian mallinnus
  - \* [https://en.wikipedia.org/wiki/Mathematical\\_modelling\\_of\\_infectious\\_disease](https://en.wikipedia.org/wiki/Mathematical_modelling_of_infectious_disease)
- Suomen koronaviruspandemian aikajana
  - \* [https://fi.wikipedia.org/wiki/Suomen\\_koronaviruspandemian\\_aikajana](https://fi.wikipedia.org/wiki/Suomen_koronaviruspandemian_aikajana)
- Suomen avoin data, koronataipaukset
  - \* <https://thl.fi/fi/tilastot-ja-data/aineistot-ja-palvelut/avoin-data/varmistetut-koronataipaukset-suomessa-covid-19->
- **Koronaepidemian mallinnus 2020**
  - THL:n koronapandemiaan dedikoitu mallinnusryhmä
    - \* <https://thl.fi/fi/web/infektiotaudit-ja-rokotukset/ajankohtaista/ajankohtaista-koronaviruksesta-covid-19/tilannekatsaus-koronaviruksesta/koronavirusepidemian-mallinnusta>
  - koronaepidemia Euroopassa
    - \* [https://en.wikipedia.org/wiki/COVID-19\\_pandemic\\_in\\_Europe](https://en.wikipedia.org/wiki/COVID-19_pandemic_in_Europe)
    - \* Itävallassa: [https://fi.wikipedia.org/wiki/Koronaviruspandemia\\_It%C3%A4vallassa](https://fi.wikipedia.org/wiki/Koronaviruspandemia_It%C3%A4vallassa)
    - \* Italiassa..: [https://fi.wikipedia.org/wiki/Koronaviruspandemia\\_Italiassa](https://fi.wikipedia.org/wiki/Koronaviruspandemia_Italiassa)
  - Pandemian alkuvaiheen mallintamisen tiedot, pdf-kooste, THL
    - \* <https://thl.fi/> => etsi “Koronamallinnuksen-historia-THL-070520.pdf”
  - THL, mallinnus, webinaarien materiaali
    - \* <https://thl.fi/fi/web/infektiotaudit-ja-rokotukset/ajankohtaista/ajankohtaista-koronaviruksesta-covid-19/tilannekatsaus-koronaviruksesta/koronavirusepidemian-mallinnusta>
  - Suomen koronavirusepidemiaa ennustavat mallit
    - \* [https://fi.wikipedia.org/wiki/Suomen\\_koronavirusepidemiaa\\_ennustavat\\_mallit](https://fi.wikipedia.org/wiki/Suomen_koronavirusepidemiaa_ennustavat_mallit)

- portaaleja
    - \* MIDAS, covid-19 portaali: <https://midasnetwork.us/covid-19>
    - \* WHO, pandemiadatan infografiikkahistoriaa: <https://covid19.who.int>
    - \* Johns Hopkins: <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>
  - systeemidynamiikka
    - \* [https://fi.wikipedia.org/wiki/Järjestelmän\\_dynamiikka](https://fi.wikipedia.org/wiki/Järjestelmän_dynamiikka)
    - \* [https://en.wikipedia.org/wiki/System\\_dynamics](https://en.wikipedia.org/wiki/System_dynamics)
    - \* ohjelmointityökaluja: [https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison\\_of\\_system\\_dynamics\\_software](https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_system_dynamics_software)
      - Ventana Systems, Inc: <https://www.ventanasystems.com>
      - Vensim: <https://vensim.com>
      - Ventity: <https://ventity.biz>
  - tilastollisesti määritelty tartuttavuusluku (perusuusiutumisluku)
    - \* <https://fi.wikipedia.org/wiki/Perusuusiutumisluku>
  - **Alueellisen terveydenhuollon resursointi — systeemiskenaarioesimerkkejä**
    - koko maan influenssatilanne, THL
      - \* <https://thl.fi/fi/web/infektiotaudit-ja-rokotukset/taudit-ja-torjunta/taudit-ja-taudinaiheuttajat-a-o/influenssa/ajantasainen-influenssakatsaus>
    - Wikipedian luokka: Koronaviruspandemia 2019–
      - \* [https://fi.wikipedia.org/wiki/Luokka:Koronaviruspandemia\\_2019%E2%80%93](https://fi.wikipedia.org/wiki/Luokka:Koronaviruspandemia_2019%E2%80%93)
      - \* [https://en.wikipedia.org/wiki/Category:COVID-19\\_pandemic](https://en.wikipedia.org/wiki/Category:COVID-19_pandemic)
-