



Koronaviruskriisi leikkaa syvän loven Suomen talouteen

Juha Kilponen, Suomen Pankki

Tiivistelmä

Koronaviruksen taltuttamisen seurauksena talouttamme on kohdannut samanaikaisesti ennennäkemätön tarjonta-, kysyntä- ja rahoitusmarkkinahäiriö, joka leikkaa ison loven talouteemme. Talousvaikutusten arviointi edellyttää tietoa epidemian kestosta, jota mallinnetaan epidemiakäyrän avulla. Epidemian kesto, rajoitustoimien tehokkuus, talouspolitiikka ja kansalaisten valinnat yhdessä ratkaisevat, kuinka suureksi koronakriisin kansantaloudelliset kustannukset lopulta muodostuvat. Yksityisen ja julkisen sektorin taseiden heikkeneminen kriisin aikana hidastaa talouden elpymistä taantumasta. Osa tuotantomentyksistä jää pysyviksi.

Keywords: Suomen talous, Covid-19, ennusteet, koronakriisi

JEL codes: E10, E23, E60, J48

Kirjoittaja haluaa kiittää Suomen Pankin kollegoita (Esa Jokivuolle, Juhana Hukkinen, Mika Kortelainen ja Meri Obstbaum) arvokkaista kommentteista ja ehdotuksista artikkelin aikaisempiin versioihin.

Artikkelissa esitetyt näkemykset ovat kirjoittajan omia ja eivät välttämättä vastaa Suomen Pankin tai Eurojärjestelmän näkemyksiä.

BoF Economics Review sisältää analyyttisiä selvityksiä ja keskustelunavauksia rahapolitiikasta, rahoitusmarkkinoista ja makrotalouden kehityksestä euroalueella ja kotimaassa. Artikkelit voidaan julkaista suomeksi, ruotsiksi tai englanniksi. Artikkelit saattavat edellyttää lukijalta aiempaa perehtyneisyyttä aiheeseen.

Päätoimittajat: Juha Kilponen(pj), Esa Jokivuolle, Karlo Kauko, Paavo Miettinen, Juuso Vanhala

1. Johdanto

Ennusteiden ja talouden kehitystä kuvaavien skenaarioiden tekeminen vastaa tällä hetkellä lähinnä hapuiliua sumussa. Talouttamme on kohdannut samanaikaisesti ennennäkemätön tarjonta-, kysyntä- ja rahoitusmarkkinahäiriö ja tapahtumasarja, josta ei ole sotien jälkeiseltä ajalta kokemuksia. Se vaikeuttaa olennaisesti koronakriisin talousvaikutusten arviointia. Taloudellisten vaikutusten arvioimista vaikeuttaa myös se, että koronaviruspandemian kesto Suomessa ei riipu vain epidemiologista tekijöistä, vaan ratkaisevasti myös viranomaisten ja kansalaisten valinnoista.

Useimmat epidemiat leviävät alussa eksponentiaalisesti. Epidemian leviäminen hidastuu ja lopulta pysähtyy, kun i) riittävä määrä väestöstä saa immuniteetin, ja/tai ii) rajoitustoimet hidastavat tai estävät viruksen leviämisen väestössä, ja/tai iii) keksitään rokote. Epidemian leviämistä kuvataan tyypillisesti niin sanotulla epidemiakäyrällä (*epidemic curve*), joka kuvaa virustartuntojen eli sairastuneiden määrän kehityksestä yli ajan. Epidemiakäyrä on keskeisessä roolissa koronakriisin talousvaikutusten arvioinnissa, sillä viranomaiset perustavat myös viruksentorjuntastrategiansa epidemiakäyrän mallintamiseen, eli arvioihin viruksen leviämisestä ja levinneisyydestä väestössä.

Tässä artikkelissa keskustellaan epidemiakäyrästä yksinkertaisen logistisen funktion avulla, ja arvioidaan epidemian keston ja talousvaikutusten välistä suhdetta Suomessa. Artikkelissa keskustellaan myös rahapolitiikan ja muun talouspolitiikan keskeisistä tehtävistä koronakriisin aikana, ja verrataan keskuspankkien toimia edelliseen rahoituskriisiin.

Koronakriisiä on hoidettu rahapolitiikan osalta hyvin samanlaisella lähestymistavalla kuin globaalien rahoituskriisien ja Euroopan velkakriisien aikana, vaikka talouskriisi ei lähtenytkään liikkeelle rahoitusmarkkinoilta. Tämä on ollut perusteltu lähestymistapa ja toimia voidaan pitää varsin onnistuneina koska niillä on estetty rahoitusmarkkinoiden jäätymisen. Talouden äkkipysähdyksestä seuraavaa syvää taantumaa ei kuitenkaan voida välttää. Akuutin kriisin jälkeisenä haasteena on yksityisen ja julkisen sektorin taseiden heikkeneminen ja samanaikainen tuotantopotentiaalinen aleneminen. Tämänhetkisen arvioiden perusteella on hyvin todennäköistä että osa tuotantomerenyksistä jää pysyviksi. Tuotantomerenykset ovat sitä suuremmat mitä pidempään rajoitustoimia joudutaan pitämään yllä. Tässä artikkelissa käytetty yksinkertainen logistinen epidemiakäyrä auttaa hahmottamaan rajoitustoimien vaikutusta epidemian huippuun ja pituuteen, vaikka sillä ei olekaan epidemiologisia perusteita.

2. Epidemiakäyrä

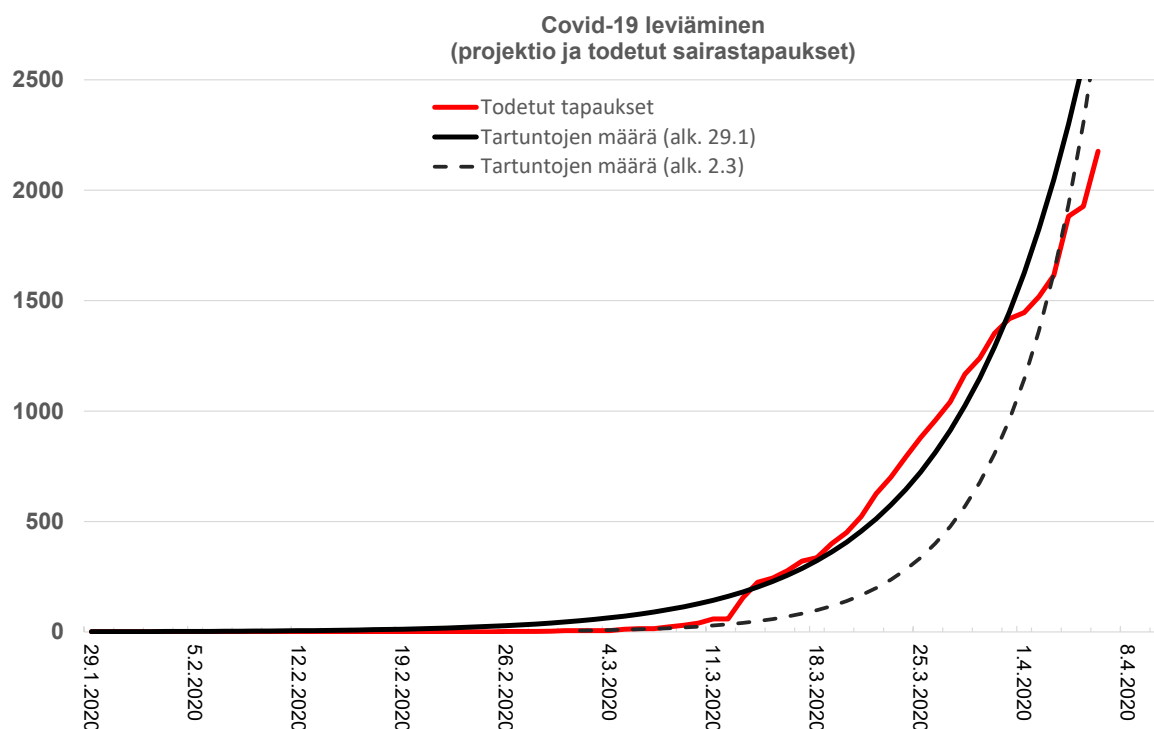
Useimmat epidemiat leviävät alussa eksponentiaalisesti. Koronaviruksen (covid-19) tapauksessa on arvioitu, että tartuntojen määrä aluksi tuplaantuu noin kuudessa päivässä.¹ Kun tartuntojen määrää hetkellä t kuvataan suurella I , eksponentiaalista prosessia kuvaava matemaattinen kaava on yksinkertaisuudessaan $X(t) = X_0 * r^{t/s}$, jossa X_0 on sairastuneiden määrä hetkellä 0 ja s on parametri, joka määrittää kuinka kauan kestää, että sairastuneiden määrä kasvaa r -kertaiseksi. Tartuntojen määrän muutos per aikayksikkö on tällöin $dX(t)/dt = rX$. Parametri r kuvaa siis populaation X suhteellista kasvua per aikayksikkö (esim. päivä). Eksponentiaalisen käyrän jyrkkyys antaa tärkeää tietoa epidemian vakavuudesta ja leviämisen nopeudesta sen alkuvaiheessa. Jos siis tartuntojen määrä tuplaantuu kuudessa päivässä, kaava antaa vastauksen esimerkiksi kysymykseen kuinka monta uutta tartuntatapausta on 30 päivän päästä siitä, kun ensimmäinen tartunta havaittiin: $X(30) = 1 * 2^{30/6} = 32$.

Suomessa THL:n mukaan ensimmäinen tautitapaus diagnosoitiin 29.1.2020. Jos sovelamme edellä esitettyä kaavaa, olisi Suomessa pitänyt olla 574 tartunnan saanutta 23 maa-

¹ Useimmat epidemiat kasvavat suunnilleen eksponentiaalisesti epidemian alkuvaiheessa. Suurimassa osassa epidemiologisista tutkimuksista keskeinen arvio liittyy taudin uusiutumisluvun (R_0) haarakointiin. Epidemiologisissa malleissa on havaittu, että Covid-19:n uusiutumisluku on hyvin korkea ja verrattavissa SARS-virukseen, jonka uusiutumisluku vaihtelee tutkimuksissa välillä 2-5. Ks. esimerkiksi Zhao et al. (2020).

liskuuta. THL:n mukaan Suomessa todettiin tuona päivänä 626 laboratoriovarmistettua uuden koronaviruksen aiheuttamaa tautitapausta. Toisaalta on huomioitava, että ensimmäiset Suomen sisäiset tartunnat on raportoitu vasta maaliskuun alussa (2.3.), joten epidemian alkuketken asettaminen tammikuun loppuun voidaan myös kyseenalaistaa. Jos epidemian alkuketki asetetaan maaliskuun alkuun, oikeampi oletus olisi, että tautitapausten määrä tuplaantuu joka 4. päivä (ks. kuvio 1). Epidemiakäyrän estimointia ja siten arvioita epidemian leviämisen nopeudesta koronaviruksen tapauksessa hankaloittaa merkittävästi se, että emme tosiasiallisesti tiedä kuinka laajasti virus oli ehtinyt leviää väestöön ennen kuin ensimmäiset tautitapaukset havaittiin.²

Kuvio 1. Eksponentiaalinen epidemiakäyrä



Ennuste perustuu eksponentiaalisen kasvun malliin, jossa tautitapausten määrä tuplaantuu joka kuudes tai joka neljäs päivä.

Lähteet: THL, omat laskelmat.

Kuviossa 1 esitetty eksponentiaalinen, rajattoman kasvun malli on tosiasiallisesti hyvä approksimaatio vain epidemian ensivaiheessa. Jossakin vaiheessa tartuntojen määrän todellinen kasvu alkaa hidastua ja kääntyy lopulta negatiiviseksi, kun kasvava osa väestöstä saa immuniteetin virusta vastaan ja/tai sosiaalisten kontaktien välttäminen sekä ihmisten omasta toimesta että viranomaisten rajoittamistoimista johtuen alkaa hidastaa viruksen leviämistä. Sosiaalisten kontaktien väheneminen ja/tai väestön immuniteetin lisääntyminen saa lopulta aikaan sen, että taudin uusiutumisluku alenee ja painuu lopulta alle yhden. Luonnollisesti myös rokotteen tai lääkkeen olemassaolo saisi aikaan epidemian laantumisen.

Tautitapausten määrien kasvua ja viruksen etenemistä hieman pidemmällä aikajänteellä voidaan hahmottaa paremmin logistisen funktion avulla (kuvio 2). Logistinen funktio on yksinkertaisin tapa kuvata tilannetta, jossa tartuntatapaukset kasvavat ensin eksponentiaalisesti, mutta hidastuvat myöhemmin niin, että tartuntatapauksien kokonaismäärä on rajallinen. Vaikka logistisella mallilla ei olekaan epidemiologista perustaa, myös epidemiologiset mallit tuottavat tyypillisesti tuloksen, jossa tautitapaukset kasvavat aluksi eksponentiaalisesti, mutta saturoituvat myöhemmin.

² Esimerkiksi sivustolta <https://ourworldindata.org/coronavirus> löytyy ajankohtaista tietoa koronaviruksen leviämisestä eri maissa.

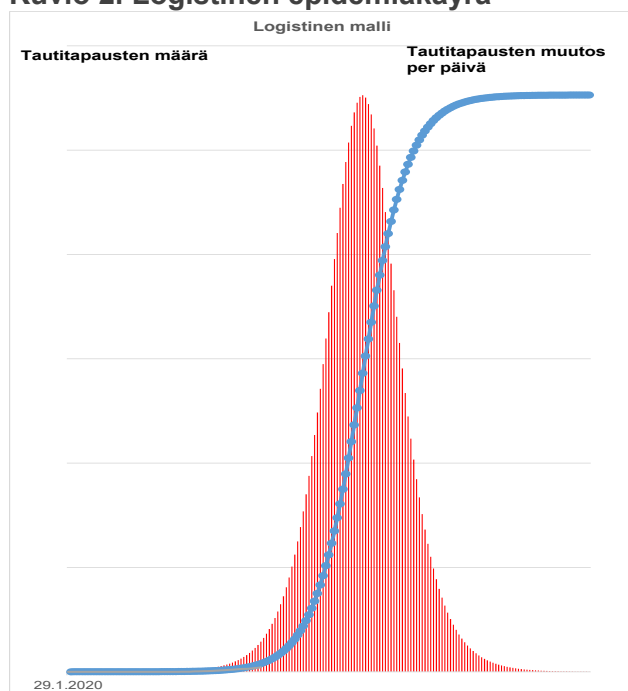
Yksi yleisesti käytetty logistisen funktion esitysmuoto on

$$X(t) = K \times \left(1 + \frac{K-X_0}{X_0} \exp(-rt)\right)^{-1},$$

jossa K = alttiiden potentiaalinen kokonaismäärä ja X_0 on tartuntojen määrä alkuhetkellä. Logistisen funktion tapauksessa tautitapausten määrän muutos $dX(t)/dt = r \times X \times \left(1 - \frac{X}{K}\right)$.

Epidemian alkuvaiheessa, kun sairastuneiden osuus potentiaalista (X/K) on hyvin pieni, tautitapausten määrä kasvaa eksponentiaalisesti liki vauhdilla r , mutta alkaa hidastua, kun tautitapausten määrä suhteessa potentiaaliin kasvaa. Kyseisellä logistisella funktiolla on myös hyödyllinen ominaisuus, $\lim_{t \rightarrow \infty} X(t) = K$ eli tautitapausten määrä saturoituu jollekin (annetulle) tasolle pitkän ajan kuluessa. Logistisen funktion ominaisuuksia on kuvattu alla olevassa kuviossa 2, jossa pylväät kuvaavat tautitapausten määrän muutosta ja viiva tautitapausten kumulatiivista kokonaismäärää X . Horisontaalinen akseli on aika.

Kuvio 2. Logistinen epidemiakäyrä



Sininen käyrä kuvaa sairastapausten kumulatiivista kehitystä ja punaiset palkit sairastapausten muutosta ajassa.

Lähde: Omat laskelmat.

Kuviosta 2 havaitaan, että logistisella funktiolla on huippukohta, jossa X kasvaa nopeitten. Tähän ajankohtaan kohdistuu huomattavasti mielenkiintoa, koska se määrittää sen, missä vaiheessa taudin eteneminen alkaa hidastua ja kuinka paljon tautitapaukset kasvavat enimmillään. Huipun ajoittuminen (t_{max}) riippuu logistisen funktion parametreista r , K , X_0 seuraavasti:

$$t_{max} = -\frac{1}{r} \ln\left(\frac{X_0}{K-X_0}\right) = \frac{1}{r} \ln\left(\frac{K}{X_0} - 1\right) \approx \frac{1}{r} \ln\left(\frac{K}{X_0}\right),$$

jossa \ln viittaa luonnolliseen logaritmiin. Likimääräinen yhtäsuuruus pätee, jos K/X_0 on hyvin suuri. Lisäksi, koska logistinen funktio on symmetrinen, tautitapausten määrä huippukohdassa on yhtä kuin $X_{max} = K/2$. Tässä pisteessä X :n muutos puolestaan on $dX(t_{max}) = r \times K/4$.

Yleisemmin käytetyissä epidemiologisissa SIR- ja SEIR-malleissa uusiutumisluku (tai tarttuvuusluku) R_0 määrittää epidemiakäyrän jyrkkyyden. Uusiutumisluku kertoo kuinka monta ihmistä yksi sairastunut tartuttaa epidemian alussa, missä koko populaatio on taudille altis.³

³ Kts. liite SIR- ja SEIR-malleista.

Jos tarttuvuusluku on yli yhden, tautitapausten määrä kasvaa kiihtyvää vauhtia. Logistisessa funktiossa se vastaa kasvuasteen lukua, joka on suurempi kuin nolla.

SIR- ja SEIR-malleissa tarttuvuusluku esitetään yleensä muodossa $R_0 = \beta/\gamma$, jossa β on todennäköisyys, että taudille altis saa tartunnan altistuneelta (esimerkiksi päivässä) ja γ on taudista toipumisaste. Myös SIR- ja SEIR-malleissa epidemia leviää aluksi eksponentiaalista vauhtia. Yksinkertaisimmillaan tartuttavien lukumäärä kasvaa alussa vauhtia $\beta - \gamma$. Tyypillisesti uusiutumisluku erilaisissa Covid-19-tutkimuksissa vaihtelee karkeasti ottaen välillä 2-5.⁴ Oletetaan, että koronaviruksesta toipuminen kestää noin 7 päivää = $1/7 = 0,143$. Käyttämällä hyväksi tätä tietoa ja kaavaa $R_0 = \beta/\gamma$ voidaan laskea, että uusiutumisluvun arvot 2-5 vastavat logistisessa (tai eksponentiaalisessa mallissa) tautitapausten kasvua välillä 0,24 - 0,57 ($r = \gamma(R_0 - 1)$). Esimerkiksi varsin usein käytetty uusiutumisluvun arvo $R_0 = 2,2$ vastaa $r = 0,143 \cdot (2,2 - 1) = 0,172$. SEIR-malleissa logistisen tai eksponentiaalisen kasvuasteen ja uusiutumisluvun välinen relaatio on hieman monimutkaisempi kuin SIR-mallissa (ks. esim. Ma (2020)), eli

$$R_0 = \frac{(r+k)(r+\gamma)}{k\gamma},$$

jossa parametri k kuvaa siirtymätodennäköisyyttä, jolla taudille altistuneista tulee tartuttajia. Olettamalla että taudin itämisaika on 5 päivää $k = 1/5 = 0,2$, ja että taudista toipuminen kestää 7 päivää, uusiutumisluvun arvot väliltä 2-5 vastaisivat kasvuasteen (r) lukuja väliltä 0,07 - 0,21. Esimerkiksi usein koronaviruksen yhteydessä käytetty uusiutumisluvun arvo $R_0 = 2,2$ vastaa likimäärin kasvuasteen lukua 0,082.⁵

Edellä esitetystä yksinkertaistetussa taudin huippukohdan lausekkeessa t_{max} riippuu vielä ratkaisevalla tavalla vakioista $\ln(K/X_0)$. SIR- ja SEIR-malleissa on ns. endeeminen (endemic) pitkän aikavälin tasapaino, missä virus on levinnyt johonkin rajattuun osajoukkoon alttiista väestöstä ja pysyy tämän jälkeen muuttumattomana. Tämän osajoukon koko riippuu lähtöarvoista ja uusiutumisluvusta R_0 . Esimerkiksi SIR- ja SEIR-mallissa tämä osajoukko voidaan ratkaista yhtälön (ks. esim. Feng (2007)) avulla:

$$S(\infty) = S_0 \exp(R_0(S(\infty) - 1)).$$

Yhtälössä $S(\infty)$ on taudille alttiiden (susceptibles) osuus koko väestöstä epidemian lopussa ($t \rightarrow \infty$), ja S_0 on samaisen joukon osuus lähtötilanteessa. Tällöin virustartunnan saaneiden kokonaismäärä (suhteessa koko väestöön) on itseasiassa $1 - S(\infty)$. On helppo nähdä, että virustartuntojen kokonaismäärä alenee kun R_0 alenee. Jos esimerkiksi oletetaan, että $R_0 = 2,2$ ja koko väestö on epidemian alussa altis virukselle ($S_0 = 1$), yhtälö kertoo, että 85 % väestöstä saisi virustartunnan. Jos sen sijaan uusiutumisluku olisi vain 1,45, vain 55 % väestöstä olisi saanut tartunnan epidemian lopussa edellä esitetyn yhtälön mukaisesti. Tämä on tärkeä havainto, sillä uusiutumisluku ei ole keskeinen vain taudin leviämisen nopeuden ja se huippukohdan ajoittumisen kannalta, vaan myös siksi, että se määrittää taudin levinneisyyden epidemian loppuvaiheessa.

Suomessa Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL) julkaisi 18.3.2020 ensimmäisen koronapandemiaan liittyvän tutkimuksen, jossa arvioitiin taudin leviämisen estämiseksi tehtävien toimien tehoa. THL:n laskelmissa lähtötilanteessa arvioitiin, että yksi ihminen tartuttaa keskimäärin 2,2 ihmistä. Tällöin epidemian kesto olisi 95 päivää ja kumulatiivinen tautitapausten määrä ylittäisi 65 % väestöstä. Soveltamalla yllä esitettyä yksinkertaista kaavaa ja ottamalla lähtökohdaksi 13.3.2020, jolloin Suomessa oli 155 tautitapausta, epidemian huippukohta olisi ajoittunut noin kahden kuukauden päähän (59 päivää) ensimmäisestä tautitapauksesta:

$$t_{max} \approx \frac{1}{0,1714} \ln\left(\frac{3\,640\,000}{155}\right) = 59.$$

⁴ Esimerkiksi Imperial College London on arvioinut uusiutumisluvun vaihtelevan välillä 2,4–3,3 (26.3. päivätyssä raportissa). 30.3. päivätyssä raportissa uusiutumisluvun arvioitiin taas vaihtelevan välillä 3,0–4,7 eri Euroopan maissa.

⁵ On kuitenkin huomattava, että myös taudin itämisaikaan, taudista toipumiseen ja taudin tarttuvuuteen liittyy paljon epävarmuutta, joita edellä esitetyt arviot eivät huomioi.

THL:n laskelmissa kontaktien vähentäminen 20 % kaikista ja 50 % 5-15-vuotiaista alentaisi uusiutumisluvun arvoon 1,4, mutta pidentäisi epidemian kestoja. Kumulatiivinen tartuntatapausten määrä aleni kyseisissä laskelmissa 65 prosentista 42 prosenttiin. THL arvioi tällöin, että epidemian kesto olisi 188 päivää. Edellä esitetyn yksinkertaistetun logistisen mallin mukaan epidemian huippu olisi saavutettu tässä tapauksessa vajaan 6 kuukauden (168 päivää) päästä ensimmäisestä tartunnasta, eli tautihuippu olisi osumassa vasta kesälle 2020:

$$t_{max} \approx \frac{1}{0,0574} \ln\left(\frac{2\,352\,000}{155}\right) = 168.$$

3. Epidemiakäyrä ja rajoittamistoimenpiteet

Edellä esitetyn yksinkertaistetun logistisen mallin avulla on mahdollista havainnollistaa rajoittamistoimenpiteiden vaikutusta tautihuippuun ja pandemian kestoan.

Viranomaisten rajoittamistoimenpiteiden voidaan ajatella vaikuttavan kahdella tavalla. Lähikontaktien rajoittaminen alentaa uusiutumislukua, eli yksinkertaistetussa logistisessa mallissa parametria r . Samalla se alentaa tartuntojen kokonaismäärää K , kuten edellä on keskusteltu.

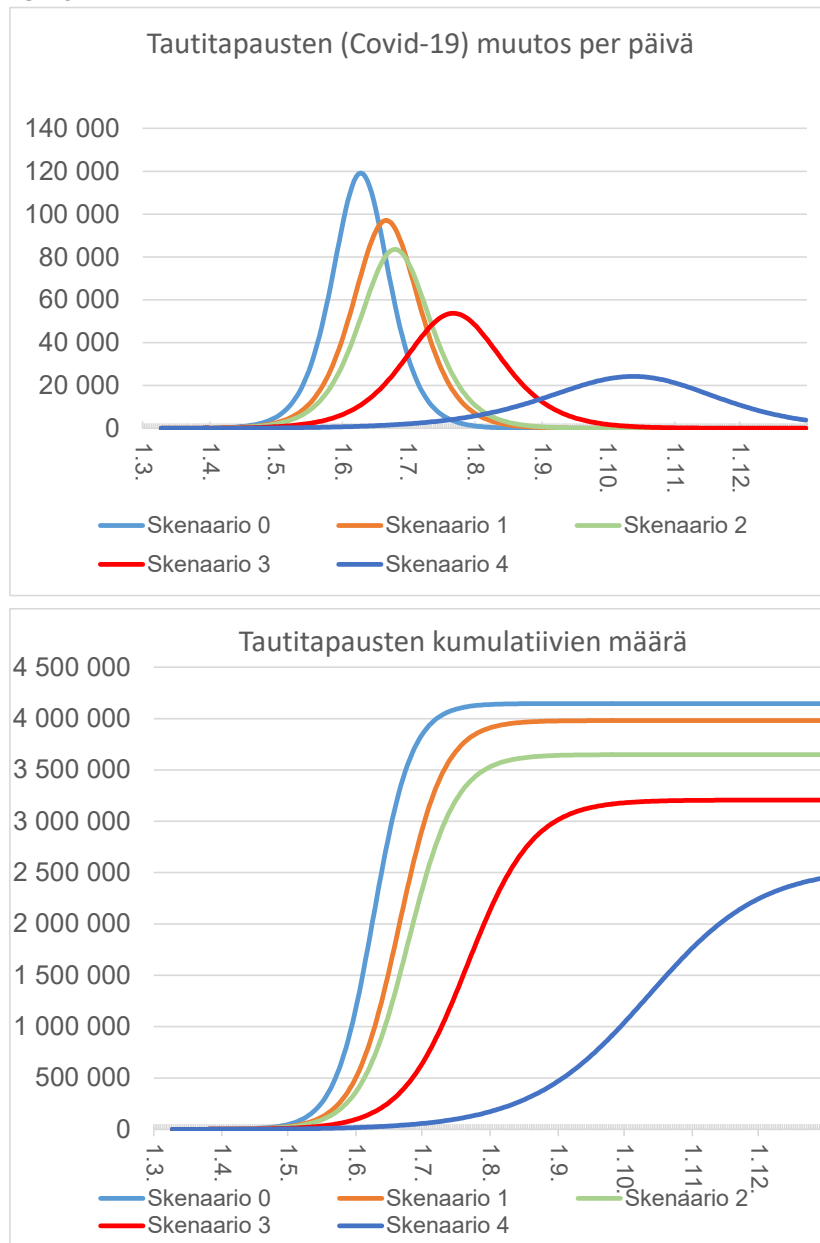
Taulukossa 1 esitetään skenaarioita esimerkinomaisesti. Skenaariossa on muutettu koko väestön sairastavuutta (K : 75 % \rightarrow 46 %) ja tautitapausten oletettua kasvua (r_1) eksogeenisesti toimenpiteiden oletetun voimaantumisen jälkeen (r_1 : 0,115 \rightarrow 0,05). Skenaario 0 kuvaa tilannetta, missä rajoittamistoimenpiteitä ei tehdä lainkaan ja skenaariot 1-4 ovat eri variaatioita. Kaikissa skenaarioissa on otettu lähtökohdaksi 29.1.2020, jolloin Suomessa dokumentoitiin ensimmäinen tautitapaus ($P_0 = 1$). Logistisen funktion parametri kasvuaste r on asetettu arvoon 0,115 toimenpiteiden alkuketkeen saakka. Sen jälkeen tautitapausten määrän kasvu alkaa hidastua lineaarisesti kohti taulukossa 2 esitettyä arvoa r_1 , autoregressiivisen parametrin (p .AR) mukaisesti. Parametrien valinta on harkinnanvarainen, mutta tulevat heijastelevat varsin tyypillisiä epidemiologisten mallien laskelmia tilanteista, joissa uusiutumisluku alenee hieman yli kahdesta lähemmäs yhtä (2,1 \rightarrow 1,4).

Taulukko 1. Skenaarioita COVID-19 viruksen leviämisestä eri logistisen funktion parametreilla

	Skenaario 0	Skenaario 1	Skenaario 2	Skenaario 3	Skenaario 4
K	4 146 332	3 980 478	3 648 772	3 206 496	2 543 083
P0	1	1	1	1	1
r0	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115
Sairastavuus, %	75,0	72,0	66,0	58,0	46,0
Toimenpiteiden voimaantulo	1.12.2100	1.4.2020	1.4.2020	1.4.2020	1.4.2020
r1	0,115	0,100	0,095	0,075	0,050
r1 (p.AR)	1,000	0,990	0,990	0,990	0,990

Lähde: Omat laskelmat. Katso pääteksti spesifikaatioista ja parametreista.

Kuvio 4. Skenaarioita COVID-19 viruksen leviämisestä eri logistisen funktion parametreilla



Pystyakseli kuvaa tautitapausten muutosta per päivä (ylempi kuva) tai sen kumulatiivista määrää (alempi kuva).

Lähde. Omat laskelmat. Katso taulukko 1 ja pääteksti.

Skenaariossa 0 on oletettu, että 75 % väestöstä saisi tartunnan, kun taas positiivisimmassa skenaariossa (skenaario 4) tauti kattaisi vain 46 % koko väestöstä. Skenaarioissa 1-4 tautihuippu asettuu kesäkuun alun ja marraskuun alkupuolen välimaastoon, epidemian keston vaihdelllessa 4 kuukaudesta liki 12 kuukauteen.

Toinen tapa arvioida epidemian leviämistä on käyttää jo olemassa olevaa informaatiota dokumentoiduista tautitapauksissa eri maissa, ja yrittää sovittaa yksinkertaista logistista käyrää tähän mennessä saattuihin havaintoihin. Tällöin logistisen funktion parametrusointi näyttää kuitenkin hyvin erilaiselta, koska dokumentoidut tautitapaukset (sairastavuus, %) ovat monisatakertaisesti pienemmät kuin tyypillisesti epidemiologisissa tutkimuksissa käytetyt arviot todellisesta sairastavuudesta (ks. taulukko 1) ja siten tautitapausten kokonaismäärästä. Vaikka näin tehty laskelma tautitapausten todellisesta määrästä olisikin epärealistinen suhteessa todellisiin tautitapauksiin, rajoitustoimenpiteiden mahdollinen poistaminen voidaan

kuitenkin perustaa pääasiassa vain ”mitattuun” informaatioon. Se taas pohjautuu pitkälti dokumentoitujen tautitapausten kehitykseen ja epidemiakäyrän mallintamiseen.⁶

Tilannetta voidaan yrittää hahmottaa maakohtaisilla esimerkeillä. Mukana on kaksi Aasian maata, Singapore ja Etelä-Korea, joihin virus levisi nopeasti Kiinasta ja joissa rajoitustoimenpiteitä otettiin käyttöön hyvin aikaisessa vaiheessa. Sen lisäksi mukaan on valittu Euroopasta Italia, Espanja, Ruotsi, Suomi ja Iso-Britannia. Pohjois-Amerikasta mukaan on valittu Yhdysvallat. Euroopassa virus levisi nopeasti ensin Italiassa ja sitten Espanjassa. Näissä maissa virus ehti levitä hyvinkin laajalle ennen kuin rajoitustoimiin ryhdyttiin. Samoin kävi Yhdysvalloissa ja Iso-Britanniassa, missä rajoitustoimien aloittamista pitkitettiin. Suomessa rajoitustoimiin ryhdyttiin, kun tautitapauksia oli vielä verrattain vähän. Ruotsi puolestaan on välttänyt tähän asti tiukkojen rajoitustoimien asettamista.

Taulukossa 2 esitetään logistisen funktion parametrisingnit ja kuviossa 5 verrataan logistisen mallin antamia projektiota havaintoihin. Logistisen funktion kaksi keskeistä parametria (K , r_0) on estimoitu siten, että logistinen funktio sopii mahdollisimman hyvin tähän mennessä saatavana olevaan dokumentoitujen tautitapausten kehitykseen (vrt. kuvio 5). Koska havaintoja on vielä varsin vähän (pois lukien Etelä-Korea), parametrit on voitu estimoida vain vajaavaisen informaation valossa. Lähtökohdaksi on valittu tilanne, jossa havaittuja tautitapauksia on ollut yli 50.

Etelä-Koreassa sairastapausten määrä on pienempi ja epidemia lyhempi kuin kaikissa muissa maissa. Italia, Espanja, Iso-Britannia, Ruotsi ja Yhdysvallat erottautuvat omaksi ryhmäkseen sairastavuuden ja epidemian pituuden suhteen. Tämänhetkisten havaintojen perusteella epidemia osoittautuisi erityisen pitkäksi Ruotsissa, jossa sairastavuusprosentti on samaa luokkaa kuin Italiassa. Suomi poikkeaa tässä vertailussa länsimaisista verrokeista ja on itse asiassa lähempänä Etelä-Korean lukuja. Suomi näyttää selviytyneen tähän mennessä varsin hyvin ja epidemiakäyrän jyrkkyys estimoituu alhaisimmaksi. Estimoidun epidemiakäyrän jyrkkyuden implikoima uusiutumisluku (SIR-malliin pohjautuen) näyttää olevan varsin hyvin linjassa kirjallisuudessa esitettyjen arvioiden kanssa. Singaporessa tauti riistäytyi uudelleen hallinnasta, kun rajoitustoimia alettiin lieventää tilanteen vaikuttaessa olevan hallinnassa. Logistisen funktion sovittaminen havaittujen tapauksiin ei käytännössä onnistu, koska tautitapaukset kasvavat nyt hyvin rajusti.⁷

Taulukko 2. Eri maille sovitettuja logistisia funktiota sairastapauksien kehitykselle

	Etelä-Korea	Singapore*	Italia	Espanja	Ruotsi	Suomi	Iso-Britannia	Yhdysvallat
K	12 450	399 000	180 971	235 876	31 765	7 866	218 587	1 048 699
P0	104	102	62	84	94	59	86	98
r	0,15	0,06	0,13	0,12	0,07	0,06	0,10	0,13
R0	2,0	1,4	1,9	1,9	1,5	1,4	1,7	1,9
tmax (päivää)	33	143	60	64	82	77	78	73
Sairastapaukset (todennetut), %	0,02	7,00	0,30	0,50	0,31	0,08	0,33	0,32

Logistisen funktion parametrit on estimoitu pienemmän neliösumman menetelmällä, paitsi Singaporen osalta. Katso pääteksti koskien logistisen funktion spesifikaatiota.

Lähde: Omat laskelmat.

Tähän mennessä dokumentoitujen tautitapausten perusteella tehdyt arviot epidemian kestosta poikkeavat kuitenkin huomattavasti edellä esitetyistä skenaarioista (vrt. taulukko 1 ja kuvio 4), joissa on käytetty lähtökohtana eri epidemiologisissa tutkimuksissa esitettyjä arvioita koko väestön sairastavuudesta ja viruksen uusiutumislukuista (R_0). Tämä kertoo ainakin siitä, että rajoitustoimien vaikutusta viruksen leviämiseen on ollut vaikea mallintaa ja ennakoita. Sekin on mahdollista, että koronavirus on levinnyt väestössä pidempään, ja siten väestön immuniteetti on oletettua laajempi.⁸ Evidenssi viittaa kuitenkin vahvasti siihen, että

⁶ Epäselvyyden välttämiseksi taulukossa 2 ei viitata sairastavuuteen vaan todennettuihin sairastapauksiin prosenttina väestöstä.

⁷ Viimeisten tietojen mukaan Singaporen tautitapaukset ovat kasvaneet rajatussa vierastyöläisten joukossa.

⁸ <https://www.bmj.com/content/369/bmj.m1375>

syynä ovat ennemminkin rajoitustoimet kuin laaja immuniteetti. Laajat liikkumisrajoitukset ovat alentaneet ihmisten välisiä kontakteja hyvin paljon, mikä vaikuttaa suoraan epidemian käyrän jyrkkyyteen ja sairastavuuteen. Epäsuoraan evidenssiä tästä antaa Singaporen tilanne, jossa rajoitustoimien lieventäminen johti nopeasti taudin leviämiseen uudelleen (ks. taulukko 3 ja kuvio 5). Tämä kertoo siitä, että vaikka toteutuneiden tapausten perusteella epidemian käyrä on kääntynyt, rajoittamistoimenpiteiden löysäminen voi johtaa toiseen aaltoon, jolloin eksponentiaalinen kasvu alkaisi uudestaan. Toisaalta näyttää myös siltä, että mitä aikaisemmin rajoitustoimet on käynnistetty ja mitä aggressiivisempia toimet ovat olleet, sitä nopeammin epidemian käyrä on myös lähtenyt laskuun ja sairastavuus jäänyt samoin pienemmäksi.

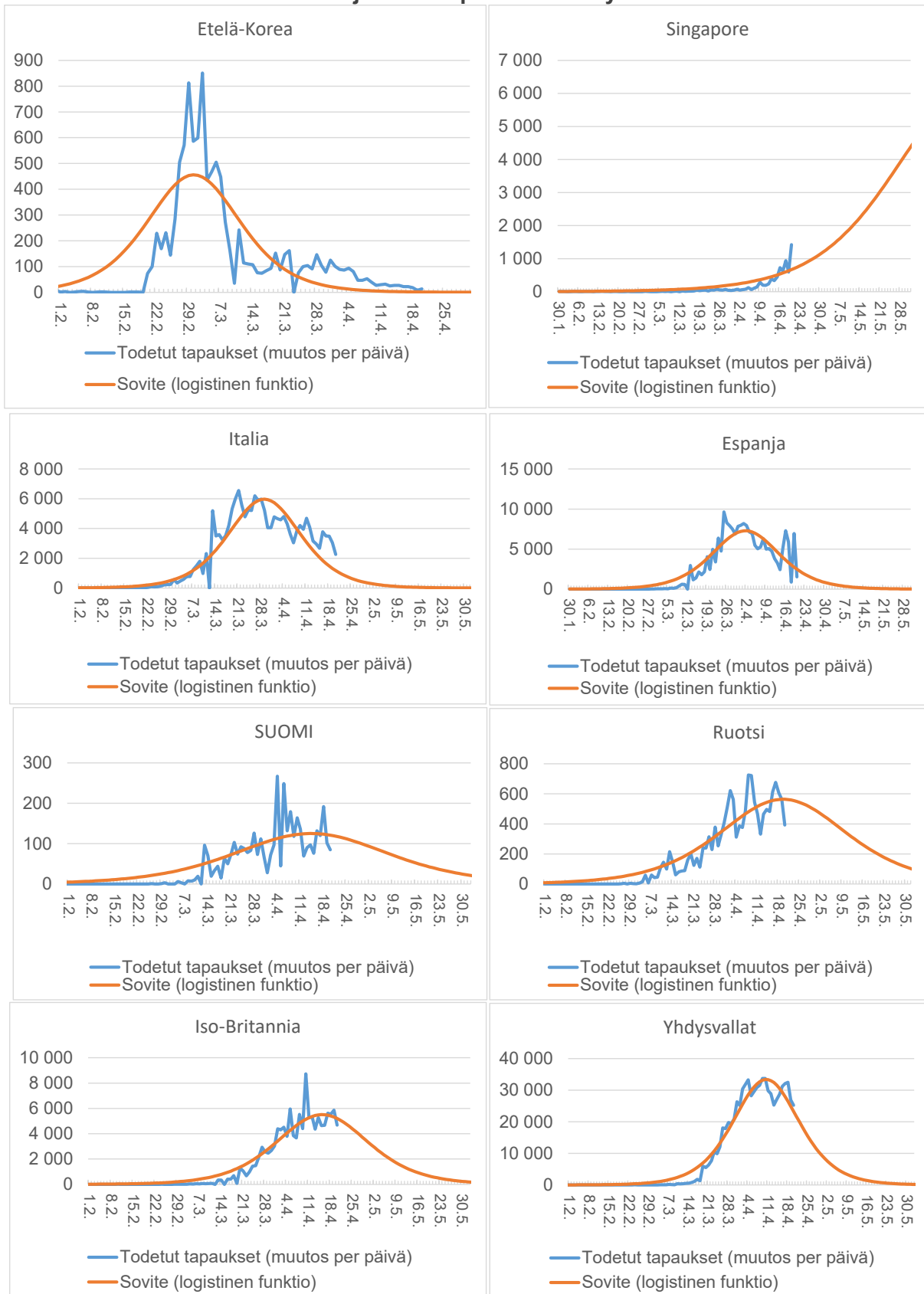
Suomessa THL:n 7.4. aloittamalla satunnaistetulla vasta-ainetutkimuksella⁹ pyritään parempiin arvioihin koronaviruksen leviämisen yleisyydestä Suomessa. Ensimmäiset tulokset viittaavat siihen että taudin yleisyys on väestössä pieni. Tämä tukee vahvasti hypoteesia että nimenomaan rajoitustoimet selittävät epidemian käyrän kääntymisen. Joka tapauksessa näissäkin laskelmissa esiintyvät suuret erot alleviivaavat valmiutta muuttaa tautia vastaan käytettyä strategiaa sitä mukaa kun ymmärrys sen etenemisestä lisääntyy.

Edelleen on syytä korostaa, että logistisen funktion antama projektio perustuu pelkästään tähän mennessä havaittuun dataan, eikä se huomioi taudinkulun epidemiologisia ominaisuuksia. Se ei myöskään huomioi (rakenteellisesti) rajoitustoimien vaikutusta epidemian käyrään. Logistinen epidemian käyrä näyttää itse asiassa yliarvioivan tautitapausten leviämisen hidastumista niissä maissa, joissa taudin leviäminen on pitkällä. Useissa epidemiologisissa tutkimuksissa epidemian käyrät eivät ole täysin symmetrisiä, vaan usein vinoja oikealle. Tästä näkökulmasta voidaan ajatella, että logistisen käyrän antama projektio antaa ennemminkin alarajan epidemian pituudelle. Toinen tärkeä huomio on, että projektio ei myöskään huomioi mahdollisuutta toisesta aallosta.¹⁰

⁹ <https://thl.fi/fi/-/thl-tutkii-koronaviruksen-leviamista-vaestossa-vasta-ainetutkimuksella-tutkimukseen-kutsutaan-osallistujia-satunnaisotannalla?redirect=%2Ffi%2F>

¹⁰ Esimerkiksi Tuomisto ym. (2020) käyttävät agenttipohjaista epidemiologista mallia (REINA) eri taudin leviämisen estämiseksi tehtyjen strategioiden mallintamiseksi Suomessa.

Kuvio 5. Skenaarioita todennettujen tautitapausten kehityksestä eri maissa



Pystyakseli kuvaa todennettujen tautitapausten muutosta per päivä. Logistisen funktion parametrit on estimoitu pienemmän neliösumman menetelmällä, paitsi Singaporen osalta. Havaintoja on käytetty 20.4. saakka.

Lähteet: Omat laskelmat, John Hopkins University.

4. Talousvaikutukset riippuvat ratkaisevasti epidemian kestoista

Edellä on keskusteltu yhdestä tavasta arvioida epidemian kestoja logistisen epidemiakäyrän avulla. Epidemiakäyrä antaa päätöksentekijöille tärkeää informaatiota talouskehitykseenkin vaikuttavien rajoitustoimien tarpeellisuudesta, mutta kuten edellä on keskusteltu, epävarmuus epidemiakäyrän jyrkkyydestä ja epidemian kestoista on hyvin suuri.

Taloudelliset vaikutukset syntyvät pääosin koronaviruksen leviämisen estämiseksi tehdystä ihmisten liikkumista rajoittavista toimituksista. Toisin sanoen, koronaviruksen leviämisen estämiseksi tehtävät toimet, joilla lievennetään inhimillistä ja terveydenhoitojärjestelmän kriisiä, ovat aiheuttaneet kansantalouteen äkkipysähdyksen.¹¹ Ensivaiheessa eniten kärsivät palvelualat, mutta teollisuuskann ei vältty merkittävältä tappiolta erityisesti, jos rajoittamistoimenpiteitä joudutaan pitämään yllä pitkään. OECD:n alustavien laskelmien mukaan välitön vaikutus voi leikata tuotantoa monissa talouksissa 20–25 %. Suomen kohdalla pudotus tuotannon tasossa on OECD:n laskelmassa 22 %, joka on huomattavasti suurempi pudotus kuin globaalien finanssikriisien aikana. Samankaltaisiin arvioihin on päätyttyä myös Kansainvälinen valuuttarahasto (IMF).

Monien ensiarvioiden mukaan koronaviruksen vaikutukset talouteen ovat ohimeneviä, eli puhutaan kansantaloutta kohdanneen äkkipysähdyksen aiheuttamasta muutamien kuukausien ajan vaikuttavasta sokista. Edellä esitetyt skenaariot (kuvio 5) kuvaavat varsin tyypillisiä maailmalla esitettyjä arvioita epidemian kestoista, parista kuukaudesta jopa vuoteen. Talousvaikutukset eivät kuitenkaan pysähdy rajoitustoimien lopettamiseen, koska tuotannon palautuminen entiselleen heti epidemian päätyttyä olisi epärealistista. Vaikutukset voivat osoittautua erityisen pitkäaikaisiksi, jos ne johtavat tuotantokapasiteetin jyrkkään supistumiseen konkurssien ja työttömyyden kasvun muodossa, ja rahoitusjärjestelmän toiminta häiriintyy pidempiaikaisesti. Kansainvälinen valuuttarahasto ennakoit huhtikuussa perus- ja heikommassa skenaarioissaan maailmantalouden supistuvan 3 (6) prosenttia tänä vuonna. Varsin yleisesti arvioidaan, että koronakriisin aiheuttama taantuma on globaalia finanssikriisiä syvempi.

Yksi kenties yksinkertaisin tapa arvioida näiden rajoittamistoimenpiteiden suoraa vaikutusta Suomen talouteen on pohtia miten se vaikuttaa yksityisen sektorin käytettävissä oleviin tuotantoresursseihin eli pääomakantaan, työvoimaan ja kokonaistuottavuuteen. Otetaan ensin lähtökohdaksi tilanne, jossa koronaviruspandemian vuoksi rajoitustoimia jouduttaisiin pitämään yllä toukokuun loppuun saakka, eli noin 2,5 kuukautta. Tällöin voidaan olettaa, että talouden käytettävissä oleva pääomakanta ja kokonaistuottavuus pysyvät muuttumattomina, mutta pääoman käyttöaste alenee merkittävästi, kun tuotantolaitoksia ja palveluita joudutaan sulkemaan komponenttipulan sekä asiakkaiden ja työntekijöiden puutteen vuoksi. Liikkumisrajoitukset ja yritysten lomautukset vaikuttavat lisäksi käytettävissä olevaan työpanokseen. Vaikka osa työvoimasta voi tehdä etätöitä, on runsaasti aloja, joilla se ei ole mahdollista. Viimeisten (23.4.) TE-keskusten tietojen mukaan Suomessa on koronavirustilanteen vuoksi käynnistettyjen YT-neuvottelujen piirissä noin 451 000 henkilöä ja lomautusjaksoja on alkanut noin 161 000. Jos siis oletetaan, että yksityisellä sektorilla työtunnit ja pääomakannan käyttöaste supistuisivat varovaisesti 10 % maaliskuussa ja toiset 10 % edelleen huhti-toukokuussa, yksityisen sektorin tuotannon kasvu hidastuisi noin 7,9 prosenttiyksiköllä. Se leikkaisi yksityisen sektorin tuotannosta noin 11,6 miljardia euroa kuluvan vuoden aikana. Jos rajoitustoimia jouduttaisiin pitämään yllä kesän yli aina elokuulle saakka, kasvu hidastuisi 17,1 prosenttiyksiköllä ja tuotannon hävitys olisi jo liki 25 miljardia euroa¹².

On selvää, että mitä pidempään talous joudutaan pitämään ”kiinni”, sitä suuremmaksi muodostuvat sen keskipitkän aikavälin tappiot konkurssien ja työttömyyden muodossa. Tällöin talouden tuotantokapasiteetti (pääoma ja työtunnit) jäisivätkin pysyväisluonteisesti kriisiä edeltävän tason alapuolelle. Vaikka resurssien käyttö siis palaisi normaaliin, talouden tuotanto ja tulot jäisivät kriisiä edeltävän tason alapuolelle hyvin pitkäksi aikaa. Liikkumisrajoituk-

¹¹ Esim. Gourinchas (2020).

¹² Tilastokeskuksen mukaan teollisuuden kapasiteetin käyttöaste on ollut pienimmillään joulukuussa 2008, jolloin se putosi 58,6 indeksipisteeseen, keskiarvon ollessa 80,6 ajanjaksolla 1995–2017. Kapasiteetin käyttöaste putosi reilun 25 % sen keskimääräisestä tasosta.

set ja epävarmuus epidemian kestosta ja syvyydestä muuttavat myös kotitalouksien kulutus-käyttäytymistä, jolloin samanaikainen tarjonta- ja kysyntäsokki syventävät ja pitkittävät taantumien kestoa.¹³

Suomen Pankin ekonomistit ovat laatineet kaksi yksityiskohtaisempaa laskelmaa erityisesti pandemian keston vaikutuksista talouteen.¹⁴ Ensimmäisessä laskelmassa oletetaan, että viruksen pysäyttäminen vaatii ensimmäisen 8 viikon ajan hyvin tiukkoja rajoitustoimia ihmisten tapaamiseen ja liikkumiseen Kiinan malliin. Laskelmassa kuitenkin oletetaan, että Suomi kykenisi rakentamaan riittävän kapasiteetin kohdennetun eristämisen toteuttamiseksi sen jälkeen, kun epidemian hallitsematon leviäminen olisi saatu pysäytettyä. Vastaavasti tässä vaiheessa tarvittaisiin enää kevyitä rajoitustoimia, jotka eivät hidastaisi taloudellista aktiviteettia enää merkittävästi. Toisessa laskelmassa eristämistoimet rajataan vain epidemian hidastamiseksi niin, ettei sairaanhoidon kapasiteetti ylittyisi. Tautihuipun madaltaminen siirtää tällöin tautihuippua eteenpäin.¹⁵ Tässä laskelmassa on oletettu, että rajoitustoimien on oltava voimassa koko kuuden kuukauden ajan, mutta rajoitustoimet ovat lievempiä kuin ensimmäisessä laskelmassa. Laskelmien keskeiset tulokset on raportoitu taulukossa 3.

Molemmissa laskelmissa oletetaan palautumisen normaalitilaan tapahtuvan asteittain. Ensimmäisessä laskelmassa talous supistuu jyrkästi, kun rajoitustoimien seurauksena tuotannollinen toiminta supistuu 15–50% toimialasta riippuen, muita aloja pahemmin kärsivällä palvelualalla jopa enemmän. Kahdeksan viikon sulkutoimien jälkeen viruksen oletetaan kuitenkin olevan hallinnassa niin, että rajoitustoimia voidaan alkaa purkaa asteittain. Bruttokansantuote supistuu 1. laskelmassa voimakkaasti toisella vuosineljänneksellä (-11 prosenttia edellisestä vuosineljänneksestä), mutta alkaa kasvaa uudestaan jo seuraavalla neljänneksellä, kun rajoitustoimia kevennetään. Paluu normaaliin tapahtuu asteittain, kuten Aasian esimerkki osoittaa. Teollisuustuotanto näyttää toipuvan nopeammin, kun taas palvelualoilla paluu aiempaan tuotannon tasoon on hitaampaa. Koko vuoden 2020 BKT-kasvu on negatiivista, -5 %, mutta seuraavana vuonna kasvu ylittää jo noin 7 prosenttiin (taulukko 3). Julkisen talouden alijäämä syvenee nopeasti, kun taloudellisen aktiviteetin supistuminen leikkaa verotuloja ja työttömyyden nousu lisää menoja. Kasvun nopea käynnistyminen pienentää kuitenkin alijäämää saman automatiikan kautta ja se palaa jotakuinkin aiemman suuruiseksi seuraavana vuonna. Julkinen velkasuhde jää kuitenkin selvästi aiempaa korkealle tasolle ilman aktiivisia toimia sen pienentämiseksi.

Jos rajoitustoimia joudutaan pitämään voimassa pidemmän aikaa (2. laskelma), osa tuotantokapasiteetista tuhoutuu, työttömyys jää korkealle ja/tai kulutustottumukset eivät palaa ennalleen, jolloin talous ei palaudukaan normaalitilaan, sillä kriisiä edeltänyttä tuotannon tasoa ei voi enää saavuttaa. Laskelmassa 2 rajoitustoimet ovat lievempiä, mutta astuvat voimaan maaliskuun loppupuolella ja pysyvät voimassa syyskuun loppuun asti. Oletuksen mukaan tuotantotappiot ovat 2. laskelmassa suuruudeltaan noin kaksi kolmasosaa 1. laskelman tuotantotappioista, ja tuotannollinen toiminta supistuu 10–30 % toimialasta riippuen. Koska rajoitustoimien viikoittainen kustannus on niin suuri ja rajoitukset ovat voimassa koko toisen vuosineljänneksen ajan, BKT supistuu tällä vuosineljänneksellä vielä voimakkaammin kuin 1. laskelmassa, vaikka voimassa olevat rajoitustoimet ovat lievempiä. BKT supistuu edellisestä neljänneksestä 15 prosenttia ja koko vuonna jopa 13 prosenttia. Talouskasvu käynnistyy vuoden viimeisellä neljänneksellä, mutta palautuminen syvästä taantumasta on hyvin hidasta. Rajoitustoimien aiheuttamat tulonmenetykset nousevat niin suuriksi, että yhä useampi yritys ajautuu maksuvaikeuksiin ja yrityksiä ehtii mennä konkurssiin. Taloudellisen aktiviteetin supistuminen heijastuu voimakkaasti työmarkkinoihin. Työllisten määrä supistuu vuonna 2020 noin 170 000 henkilöllä. Määräaikaisena alkaneet lomautukset muuttuvat pysyviksi ja johtavat ajan mittaan irtisanomisiin. Työttömyys nousee 11 prosenttiin ja jää pysyvästi aiempaa korkeammalle tasolle. Myös tuotantokapasiteetti jää pysyvästi kriisiä edeltänyttä tasoa pienemmäksi. Laskelmassa on oletettu, että tuotannon taso on tässä tapauksessa vuonna 2022 kymmenen prosenttia alempi kuin ennen koronakriisiä. Finanssikriisin jälkeen vastaava luku oli hieman pienempi ja 1990-luvun laman jälkeen hieman suurempi.

¹³ Ks. mm. Eichenbaum et al. (2020) ja Atkeson (2020).

¹⁴ Ks. <https://www.eurojatalous.fi/fi/2020/artikkelit/skenaarioita-suomen-talouden-kehityksesta-lahivuosina/>

¹⁵ THL arvioi 25.3.2020 epidemian pituudeksi Suomessa 4-6 kuukautta.

Taulukko 3. Laskelmia koronavirus epidemian vaikutuksista Suomessa

Laskelmien keskeiset tulemat		2019	2020e	2021e	2022e
Bruttokansantuote, vuosikasvu (%)	Laskelma 1	1,0	-5,3	6,9	1,4
	Laskelma 2	1,0	-13,2	3,5	2,6
	Ennuste, joulukuu 2019	1,3	0,9	1,1	1,3
Työllisyysaste (%)	Laskelma 1	73	71	73	73
	Laskelma 2	73	68	69	69
	Ennuste, joulukuu 2019	73	73	73	73
Työttömyysaste (%)	Laskelma 1	7	9	7	7
	Laskelma 2	7	11	11	10
	Ennuste, joulukuu 2019	7	7	7	6
Julkisen talouden alijäämä, suhteessa BKT:hen (%)	Laskelma 1	-1,1	-5,9	-1,9	-1,7
	Laskelma 2	-1,1	-10,3	-7,2	-5,8
	Ennuste, joulukuu 2019	-1,0	-1,5	-1,5	-1,5
Julkisyhteisöjen velka, suhteessa BKT:hen (%)	Laskelma 1	59,4	68,8	66,4	67,2
	Laskelma 2	59,4	78,9	83,9	87,4
	Ennuste, joulukuu 2019	58,8	59,1	60,1	60,8

*Laskelma 1: viruksen tukahduttaminen. Laskelma 2: viruksen leviämisen hidastaminen. e=en-
nuste.*

Lähteet: Tilastokeskus ja Suomen Pankki.

5. Talouspolitiikan tavoitteet ja toimenpiteet

Talouspolitiikan keskeinen tehtävä talouden äkkipysähdyksessä on vaimentaa sen negatiivisia kerrannaisvaikutuksia. Finanssipolitiikan automaattiset vakauttajat toimivat oikeaan suuntaan, mutta eivät näiden lukujen valossa läheskään riitä. Monet yritykset ja kotitaloudetkin ovat jo joutuneet maksuvaikeuksiin kassavirran ehtyessä, ja konkurssien välttäminen on edellyttänyt kohdennettua tukea yksityiselle sektorille. Samaan aikaan terveydenhoidon kulut kasvavat nopeasti.

Talouspolitiikan täytyy tässä vaiheessa varmistaa ihmisten terveyden suojaamisen lisäksi, että

- rahoitusjärjestelmän mahdollisuudet luotottaa yrityksiä ja kotitalouksia ei häiriinny pitkäaikaisesti,
- yritykset pystyvät hoitamaan velvoitteensa ja taloudellisesti terveet tuotantoyksiköt eivät ajaudu suuressa määrin konkurssiin, ja että
- työpaikkojen menettämistä vältetään mahdollisimman pitkälle, jotta työntekijät eivät jää ilman toimeentuloa.

A-kohdan epäonnistumisesta seuraa väistämättä b- ja c-kohtien epäonnistuminen. Silloin taloutta voi kohdata konkurssien ja työttömyyden aalto, joka voi pahimmillaan vertautua 90-luvun Suomen lamaan. Toisaalta A-kohta ei toteudu, jos emme kykene turvaamaan kansalaistemme terveyttä. Usko tulevaisuuteen palaa vasta siinä vaiheessa, kun tartuntamäärien kasvun hidastuminen voidaan todeta luotettavasti ja rajoitustoimien lieventäminen ei johda toiseen aaltoon.

Rahapolitiikan keskeinen rooli on turvata rahoitusjärjestelmän likviditeetti ja yritysten ja kotitalouksien luotonsaanti.¹⁶ Rahoitusmarkkinoiden volatilitteetti, korkoerojen kasvu ja likvidi-

¹⁶ Suomen Pankissa tehdyssä tutkimuksessa ”Saving the Wall Street or Main Street” (Haavio, Ripatti, Takalo, 2016) esitetään, että mitä laajempi yksityisen sektorin tukioperaatio joudutaan tekemään, sitä enemmän tukea pitäisi kohdistaa suoraan reaalisektorille verrattuna pankkisektoriin. Syynä on se, että pankkien rahoittamisella voi olla jopa negatiivisia vaikutuksia luotonantoon moraalikatotyypin mekanismin vuoksi.

teettiongelmat kertovat siitä, että rahoitusmarkkinat ovat olleet suurissa ongelmissa, kun sijoittajat juoksivat kriisin alussa yhtenä laumana kohti likvidimpiä ja vielä turvallisiksi katsomiin sijoituskohteita. Suomessakin yritystodistusten ja valtionlainojen korkopreemiot nousivat kriisin alkuvaiheessa yritystodistusten osalta useilla prosenttiyksiköillä. Se kertoo todellisesta epävarmuudesta (Knightian uncertainty) eli siitä, että sijoittajat eivät luottaneet omiin riskiolettamiinsa. Tappiot ovat sijoittajalle sitä vakavampia mitä lyhemmän ajan sisällä ne tapahtuvat. Suuret ja yllättäen kohdatut tappiot aiheuttavat käteisvajeen ja pakottavat sijoittajan muuttamaan positiota silloin, kun arvostustasot ovat erityisen alhaalla. Jokainen toimija pyrkii ikään kuin minimoimaan suurinta mahdollista tappiotaan siirtämällä varallisuutensa turvallisimpiin sijoituskohteisiin.

Suurimmat keskuspankit reagoivat rahoitusmarkkinoiden häiriintymiseen voimallisesti: Kriisin alkuvaiheessa Fed laski koron nollan tuntumaan ja aloitti samalla suuret joukkovelkakirjaostot. Maailman keskeiset keskuspankit sopivat yhteisistä dollarilikviditeetin saantia turvaavista toimista. Fed lisäsi elvytystä massiivisesti havaittuaan, että myös Yhdysvaltojen talous kohtaa rajoitustoimien vuoksi äkkipysähdyksen.

Eurojärjestelmä on tukenut pankkijärjestelmän likviditeettiä ylimääräisillä ja ehdoiltaan entistä suotuisimmilla, pitempiaikaisilla rahoitusoperaatioilla. Eurojärjestelmä varasi uusia omaisuuseräostoja varten 120 miljardia euroa lisää käytettäväksi vuoden loppuun mennessä. Suomen Pankki varasi miljardi euroa kotimaisten yritystodistusmarkkinoiden ostoihin. EKP päätti 18.3. aloittaa uuden 750 miljardin euron hätärahoituksen (Pandemic Emergency Purchase Programme, PEPP). EKP ilmoitti myös tällöin olevansa valmis muokkaamaan arvopaperiostoihinsa liittyviä omistusrajoituksia ja tarvittaessa laajentamaan ohjelman kokoa ja ostettavien arvopapereiden joukkoa. Myös vakuuskehikko on muokattu helpottamalla kelpoisuus- ja käyttöehtoja ja keventämällä sääntelyvaatimuksia. Näiden toimenpiteiden tavoitteena on ollut erityisesti pienten ja keskisuurten yritysten rahoituksen turvaaminen.

Vaikka koronakriisi ei lähtenytäkään liikkeelle rahoitusmarkkinoilta, EKP:n tapa hoitaa kriisiä on ollut samankaltainen kuin vuosien 2007–2009 globaalin rahoituskriisin ja 2011–2012 Euroopan velkakriisin hoitamisen aikaan. Yhteistä rahoitusmarkkinoiden negatiivisen kierteen katkaiseville toimille oli keskuspankkien tarjoama likviditeetti pankeille (ns. täyden jaon politiikka) ja lupaus tehdä ”mitä tahansa vaaditaan”. EKP:n täyden jaon politiikassa pankit kykenivät lainaamaan vakuuksia vasten keskuspankista rahaa käytännössä rajattomasti. Keskuspankit reagoivat myös voimakkaasti osto-ohjelmiansa kautta velkakirjamarkkinoilla, ja tietenkin alensivat korot nopeassa tahdissa lähelle nollaa.

Nykyisessä tilanteessa samantapaista ”täyden jaon” ajattelua on ainakin jossain määrin alettu soveltaa myös muulle yksityiselle sektorille, jolta ehtyy kassavirta.¹⁷ Tavoitteena on ollut estää väliaikaisen maksuvalmiuskriisin kääntymisen suuressa mittakaavassa konkurssien, työttömyyden ja luottotappioiden kierteeksi, joka nähtiin esimerkiksi Suomessa 90-luvun lamassa. Kysymyksessä on väliaikainen ja kohdistettu toimi, jolla pyritään varmistamaan erityisesti yrityssektorin maksuvalmius. Kaikkien kehittyneiden maiden finanssipoliittiset paketit sisältävät tämän tapaisia komponentteja.

Rahan tarjonnan lisäämisessä ei ole kuitenkaan kyse perinteisestä kokonaiskysynnän elvyttämisestä vaan yksityisen sektorin maksuvalmiuskriisin lieventämisestä. Suomessa sosiaaliturvajärjestelmä pehmentää iskua työntekijöille, joten toimia on kohdistettu niille yrityksille ja työntekijöille, joita sosiaaliturvajärjestelmä ei saavuta. Suomessa on myös laajennettu työttömyyskorvausjärjestelmän kattavuutta yrittäjiin. Samalla työeläkemaksuja ja yritysten verojen maksuja on lykätty. Nämä toimet lieventävät maksuvalmiuskriisiä, mutta eivät luonnollisestikaan estä yritystä hakeutumasta konkurssiin akuutin kriisin aikana tai sen jälkeen. Näitä toimenpiteitä (pl. työttömyyskorvaukset) ei voida myöskään pitää suorana tukena yrityksille, koska maksut on kuitenkin hoidettava kassavirran palatessa.

Yksi haaste strategiassa on se, että yritysten ja kotitalouksienkin taseet heikkenevät kriisin aikana merkittävästi. Pahimmillaan tämä voi johtaa velkaantumisen kasvamiseen liian suureksi, ja vaikka lainarahaa olisikin saatavana edullisin ehdoin, se ei mene enää kaupaksi. Tällöin myös rahapolitiikan rahoitusoloja keventävän vaikutuksen teho alkaa hiipua. Huoli ra-

¹⁷Ambrocio ja Juselius (2020) keskustelevat artikkelissaan erilaisista finanssipoliittikan vaihtoehdoista pandemian aiheuttamien talousvaikutusten lieventämiseksi.

hapolitiikan elvyttävän vaikutuksen tehon heikkenemisestä on hyvä peruste sille, että yrityksiä ja kotitalouksia tuetaan akuutin kriisin aikana myös suoraan. Yritysten ja kotitalouksien taseiden heikkeneminen hidastaisi merkittävästi myös talouden elpymistä kriisin jälkeen. Tämäkin on hyvä peruste myös suoralle kohdennetulle tuelle ja kokonaiskysynnän harkitulle tukemiselle akuutin kriisin jälkeen finanssipolitiikan ja rahapolitiikan keinoin.

6. Syvää, mutta toivottavasti lyhytaikaista taantumaa ei pystytä välttämään

Tähänastisia rahapolitiikan elvytystoimia voidaan pitää kokonaisuudessaan varsin onnistuneina, sillä reaalityalouden äkkipysähdys ei ole johtanut vastaavaan rahoitusmarkkinoiden jäätymiseen. Finanssipolitiikalla ja erityisesti yrityssektorille kohdennetuilla toimenpiteillä on voitu lieventää shokin vaikutusta yksityiselle sektorille. Haasteena kuitenkin on että yksityisen sektorin taseet tulevat olemaan akuutin kriisin jälkeen huomattavasti heikommassa kunnossa. Tämä heikentää talouden toipumista syvästä taantumasta. Kriisin pitkittyessä talouden tuotantopotentiaali voi lisäksi supistua merkittävästikin. Tämänhetkisten arvioiden mukaan on varsin epärealistista odottaa että talous palaisi nopeasti kriisiä edeltävälle trendille. Tämä tarkoittaa sitä että osa tuotannonmenetyksistä jää pysyviksi.

Kriisin hoitamisen vaikutus julkiseen talouteen tulee olemaan mittava. Suomen Pankin laskelmien mukaan velkasuhde voi nousta pahimmillaan noin 85 prosenttiin BKT:sta. Velan kasvuun on hyvä varautua ja pohtia jo nyt mitä kriisin jälkeen? Matkan varrella voi tulla lisääkin yllätyksiä, ja niihinkin on varauduttava.

Suomen Pankki arvioi päivittäin taloustilanteen kehittymistä ja käyttää sen käytettävissä olevia resursseja erilaisten skenaarioiden ja ennusteiden tekemiseen.¹⁸ Talouskuvan ennakointiin liittyy tällä hetkellä poikkeuksellisen paljon epävarmuutta, sillä tilanne elää jopa päivittäin. Suuresta epävarmuudesta huolimatta erilaiset skenaariot antavat taloudenpitäjille hyödyllistä tietoa tilanteen kehittymisestä ja tukevat talouspolitiikan toimien mitoitusta. Myös epidemiakäyrän kehittymisen ja epidemiologien väittelyn seuraamisesta on tullut monen ekonomistin päivärutiini.

¹⁸ Suomen Pankki julkaisi 22.4.2020 joukon artikkeleita, joissa käsitellään koronakriisin vaikutuksia ja talouspoliittisia toimia. <https://www.eurojatalous.fi/fi/>

Kirjallisuus

- Ambrocio, G. ja M. Juselius (2020). Dealing with the costs of the COVID-19 pandemic – what are the fiscal options? BoF Economic Review 2/2020. <https://helda.helsinki.fi/bof/handle/123456789/16999>
- Atkeson, A. (2020). What Will Be the Economic Impact of COVID-19 in the US? Rough Estimates of Disease Scenarios. National Bureau of Economic Research, 26867.
- Berger, D. W., K. F. Herkenhoff, ja S. Mongey (2020). An SEIR Infectious Disease Model with Testing and Conditional Quarantine. National Bureau of Economic Research, 26901.
- Britton, T. (2010). Stochastic epidemic models: A survey. *Mathematical Biosciences, Volume 225, Issue 1, s. 24–35*. <https://doi.org/10.1016/j.mbs.2010.01.006>
- Gourinchas, P. O. (2020). Flattening the pandemic and recession curves. <https://drive.google.com/file/d/1mwMDiPQK88x27JznMkWzEQpUVm8Vb4WI/view?usp=sharing>
- Eichenbaum, M. S., S. Rebelo, ja M. Trabandt (2020). The Macroeconomics of Epidemics. National Bureau of Economic Research, 26882. <https://www.nber.org/papers/w26882>
- Esland, van Sabine L., Ryan O'Hare (2020). Coronavirus pandemic could have caused 40 million deaths if left unchecked (25 March). <https://www.imperial.ac.uk/news/196496/coronavirus-pandemic-could-have-caused-40/>
- Feng, Z. (2007). Final and peak epidemic sizes for SEIR models with quarantine and isolation. *Mathematical Biosciences and Engineering, 4, s. 675–686*.
- Haavio, M. Ripatti, A. ja T. Takalo (2016). Saving Wall Street or Main Street. Bank of Finland Discussion Papers, 12/2016. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:bof-201605131125>
- Kermack, W. O. ja A. G. McKendrick (1927). A contribution to the mathematical theory of epidemics. *Proceedings of the Royal Society of London, series A 115, no. 772 (1927), s. 700–721*.
- Ma, J. (2020). Estimating epidemic exponential growth rate and basic reproduction number, *Infectious Disease Modelling, 5, pp. 129-141*.
- Max Roser, Hannah Ritchie and Esteban Ortiz-Ospina (2020) - "Coronavirus Disease (COVID-19) – Statistics and Research". Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: '<https://ourworldindata.org/coronavirus>' [Online Resource]
- Pueyo, T. (2020). Coronavirus: Why You Must Act Now Politicians, Community Leaders and Business Leaders: What Should You Do and When? Medium, March 10, 2020.
- Tuomisto, J., Yrjölä, J., Kolehmainen, M., Bondsdorff, J., Pekkanen, J. ja Tikkanen, T. (2020). An agent-based epidemic model REINA for COVID-19 to identify destructive Policies. <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.09.20047498v2>
- Zhao, S. et al (2020). Preliminary estimation of the basic reproduction number of novel coronavirus (2019-nCoV) in China, from 2019 to 2020: A data-driven analysis in the early phase of the outbreak. *International Journal of Infectious Diseases*.

Liite: SIR- ja SEIR-mallit

Varsin yleisesti käytetty epidemiologinen tautien leviämisen kehitystä kuvaava SIR-malli (Susceptible, Infectious, Immune) koostuu seuraavista differentiaaliyhtälöistä:

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= -\beta \frac{S}{N} I \\ \frac{dI}{dt} &= \beta \frac{SI}{N} - \gamma I \\ \frac{dR}{dt} &= \gamma I \\ N &= S + I + R\end{aligned}$$

S, I ja R ovat sairaudelle alttiiden, tartuttavien ja immuunien yksilöiden määrä koko populaatiossa (N). β on todennäköisyys, että taudille altis saa tartunnan altistuneelta (esimerkiksi päivässä) ja γ on taudista toipumisaste. SIR-malleissa epidemia leviää aluksi eksponentiaalista vauhtia. Yksinkertaisimmillaan tartuttavien lukumäärä (I) kasvaa alussa (kun $S=N$) vauhtia $\beta - \gamma$ eli $\frac{dI}{dt} = (\beta - \gamma)I$. SIR-mallissa uusiutumisluku on $R_0 = \beta/\gamma$. Tyypillisesti uusiutumisluku erilaisissa Covid-19-tutkimuksissa vaihtelee karkeasti ottaen välillä 2–5.¹⁹ Yleisesti oletetaan, että koronaviruksen aiheuttamasta taudista toipuminen kestää noin 7 päivää, jolloin $\gamma = 1/7 = 0,143$. Käyttämällä hyväksi tätä tietoa ja kaavaa $R_0 = \beta/\gamma$ voidaan laskea, että uusiutumisluvun arvot 2–5 vastaavat logistisessa (tai eksponentiaalisessa mallissa) tautitapausten kasvua välillä 0,24–0,57 ($r = \gamma(R_0 - 1)$).

SEIR-malli on SIR-malli, johon on lisätty vielä yksi muuttuja, altistunutta (exposed) kuvaava E. Altistuneet eroavat tartuttajista, koska heillä taudin ajatellaan olevan vasta itämisvaiheessa, joista se ei voi levitä vielä eteenpäin. Tartuttajat (I) koostuvat niistä tartunnan saaneista, joista tauti voi levitä taudille alttisiin yksilöihin (S). Neljännen luokan (R) muodostavat parantuneet yksilöt, joille on kehittynyt immuniteetti tautia vastaan. Malli koostuu tällöin seuraavista differentiaaliyhtälöistä:

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= -\beta \frac{S}{N} I \\ \frac{dE}{dt} &= \beta \frac{S}{N} I - kE \\ \frac{dI}{dt} &= kE - \gamma I \\ \frac{dR}{dt} &= \gamma I \\ N &= S + E + I + R\end{aligned}$$

SIR-mallin edellä kuvattujen parametrien lisäksi SEIR-mallista löytyy parametri k, joka kuvaa siirtymätodennäköisyyttä, jolla altistuneista tulee tartuttajia. Tässä mallissa logistisen tai eksponentiaalisen kasvuasteen ja uusiutumisluvun välinen relaatio on hieman monimutkaisempi kuin SIR-mallissa (kts. esim. Ma (2020)):

$$R_0 = \frac{(r+k)(r+\gamma)}{k\gamma}.$$

Olettamalla että taudin itämisaika on 5 päivää $k = \frac{1}{5} = 0,2$ ja että taudista toipuminen kestää 7 päivää, uusiutumisluvun arvot väliltä 2–5 vastaisivat kasvuasteen (r) lukuja väliltä 0,07–0,21.

¹⁹ Esimerkiksi Imperial College London on arvioinut uusiutumisluvun vaihtelevan välillä 2.4–3.3 (26. maaliskuuta päivättyssä raportissa). 30. maaliskuuta päivättyssä raportissa uusiutumisluvun arvioitiin taas vaihtelevan välillä 3–4.7 eri Euroopan maissa.