

Pitkäkestoinen ylikuolleisuusanomalia 2021

Kasper Rönning¹, Tore Aarhus Gulbrandsen²

Tiivistelmä

Kokonaiskuolleisuustilasto on hyvin luotettava lähde merkittävien väestötason kuolleisuuteen vaikuttavien tapahtumien havaitsemiseksi. Muodostamme mallin 2008 – 2019 kuolintilaston perusteella ja käytämme mallia 2020 ja 2021 ylikuolleisuuden arviointiin. Vuoden 2020 ja alkuvuoden 2021 kuolleisuus oli tavanomainen. Kesällä 2021 alkoi merkittävä pitkäkestoinen ylikuolleisuus, joka on jatkunut artikkelin kirjoitushetkeen asti. Verifioimme ylikuolleisuuslöydöksen usealla mallistamme riippumattomalla tavalla. Ylikuolleisuuden pitkäkestoisuus ja alkamisajankohta tekee siitä anomaalisen: vuosina 1990 – 2019 kuolleisuus on säännönmukaisesti ollut matalimmillaan kesäisin ja korkeimmillaan talvisin. Vuonna 2021 viikkojen 25 – 42 aikana kuoli 1752 ihmistä odotettua enemmän, joista koronaan kuoli kuitenkin vain 231 ihmistä. Viranomaisten tulee myöntää anomaalisen ylikuolleisuuden olemassaolo ja selvittää sen aiheuttaja.

¹Järjen ääni ry, kasper.ronning@protonmail.com

²Järjen ääni ry, toregulb@gmail.com

Johdanto

Kokonaiskuolleisuustilasto on hyvin luotettava lähde merkittävien väestötason kuolleisuuteen vaikuttavien tapahtumien havaitsemiseksi. Se ei sisällä kuolinsyitä, ainoastaan kuolien määrät iän ja sukupuolen mukaan viikoittain, kuukausittain tai vuosittain. Yli-/alikuolleisuus tarkoittaa, että aiemman kuolleisuuden perusteella on oletus normaalista kuolleisuudesta ja sen poikkeamat ovat yli-/alikuolleisuutta.

THL on tiedotuksessaan [1] ja lehtihaastattelussa antanut ymmärtää, että Suomessa ei olisi pandemia-aikana havaittu muutoksia kokonaiskuolleisuudessa. Tilastokeskus on Helsingin Sanomien haastattelussa [2] todennut, että vuoden 2021 kuolien määrä ei ole poikkeuksellinen, verraten sitä vuoden 2020 kuolien määrään ja todeten sen olevan noin 500 henkeä odotettua enemmän.

THL:n ja Tilastokeskuksen lausunnot ovat ristiriidassa sekä EuroMoMon kuolleisuusseurannan että Tilastokeskuksen tuoreimman väestöennusteen kanssa. Tässä artikkelissa muodostamme mallin kuolemien odotetusta määrästä alkaen vuodesta 2020 pohjautuen sitä edeltävän 12 vuoden kuolintilastoon. Toteamme koronavuoden 2020 olevan kuolleisuuden suhteen täysin normaali ja esitämme merkittävän ja

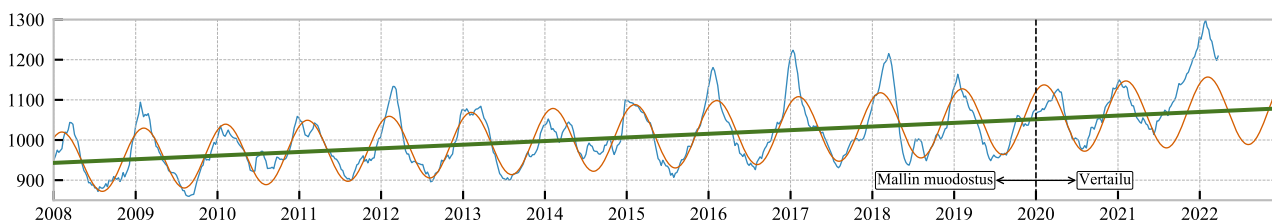
pitkäkestoinen ylikuolleisuuden vuoden 2021 jälkipuoliskolla. Verifioimme myös mallimme oikeellisuuden käyttämällä mallista riippumattomia datalähteitä.

Materiaalit ja menetelmät

Mallifunktio

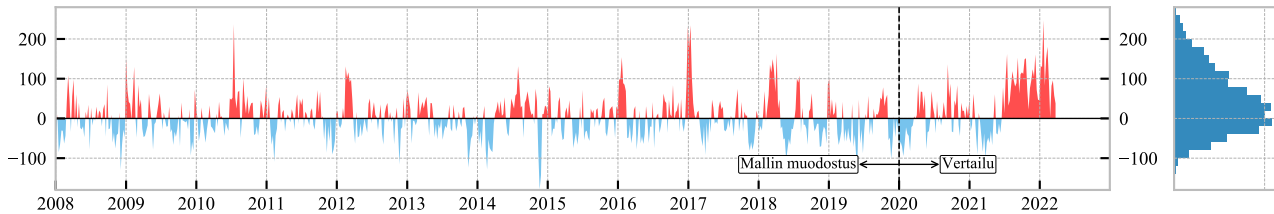
Muodostamme matemaattisen funktion, joka mallintaa viikoittaista kuolien määrää ajan myötä ikään ja sukupuoleen katsomatta. Funktiota käytetään vertailtaessa kuolleisuutta aiempiin vuosiin. Kuolleisuus on vahvasti kausiluontoista huippujen ollessa influenssakausi talvella ja pohjien kesällä. Suomessa on harvoin vahvoja helleaaltoja, mutta joinakin vuosina helleaalto aiheuttaa normaalia korkeampaa kuolleisuutta kesällä. Talvisin on rajuina influenssavuosiina suuriakin ylikuolleisuushuippuja, joita yleensä seuraa alikuolleisuutta influenssa-aaltojen jälkeen.

Mallifunktioksi valittiin pitkän ajan trendiä mallintava lineaarinen funktio sekä kausivaihtelua mallintava trendifunktion päällä oleva kosinifunktio. Menetelmä on samankaltainen kuin EuroMoMon käyttämä menetelmä, joskin EuroMoMossa painopiste on lyhyempien epidemioiden aiheuttaman ylikuolleisuuden seuranta.



Kuva 1. Viikoittain kuolien määrää mallinnetaan trendiviivalla (vihreä) ja sen päällä olevalla kausivaihtelukäyrällä (oranssi). Sinisellä tilaston viikoittain kuolien määrä 7 viikon juoksevilla keskiarvolla.

Kuva 2. Viikoittainen ylikuolleisuus punaisella, alikuolleisuus sinisellä.



Trendifunktio on ollut hyvin lineaarinen koko Tilastokeskuksen julkaiseman kuolintilaston ajan kesään 2021 asti. Ensinnäkin lievästi laskusuuntaisesti aikavälillä 1990 - 2006 ja sen jälkeen lievästi noususuuntaisesti aikavälillä 2007 - 2020. Valitsimme lineaarisen trendifunktiomme sovitusaikanaan 2008, jotta se pysyisi lineaarisesti kasvavalla alueella.

Kausivaihtelua mallintavan kosinikäyrän huippu on talvella ja minimi kesällä. Kausivaihtelun amplitudia muokkaa parametri a , joka on lineaarinen kerroin suhteessa trendikäyrään, jotta kausivaihtelun amplitudi kasvaisi pitkän aikavälin kuolleisuustrendin kasvaessa. Vertailukäyrän kaava on siten:

$$f_b(t) = f_{trend}(t) + a f_{trend}(t) \cos\left(\frac{2\pi}{365.24}t + \theta\right)$$

$$= f_{trend}(t) \left(1 + a \cos\left(\frac{2\pi}{365.24}t + \theta\right)\right)$$

jossa:

- Parametri t on aika.
- $f_{trend}(t)$ on lineaarinen funktio, jonka x -koordinaateiksi valittiin $x_1 = 1.1.2008$ ja $x_2 = 31.12.2019$.
- Parametri a on amplitudikerroin ja θ on vaihesiirtymä.

Sovitusparametrien y_1 , y_2 , a ja θ löytämiseksi käytettiin SciPy:n curve fit -funktioita, joka etsii parametreille arvot, jotka minimoivat funktion $f_b(t)$ ja viikoittain kuolleiden tilaston erotuksen non-linear least squares regressio-menetelmällä. Kuolintilaston aikaintervalli sovitukselle oli 1.1.2008 - 31.12.2019. Trendifunktion y -koordinaateiksi saatiin $y_1 = 943,8$ ja $y_2 = 1044,6$. Amplitudikerroimeksi saatiin $a = 0,08$ ja vaihesiirtymäksi $\theta = -35,37$ päivää.

Datalähteet

Kokonaiskuolleisuustilaston lähde on Tilastokeskuksen julkaisema Kuolleet viikoittain pikaennakko [3], joka sisältää viikoittaiset kuolleiden lukumäärät kuolinsyystä riippumatta ikäryhmän ja sukupuolen mukaan alkaen vuodesta 1990. Tämän lisäksi on käytetty myös Tilastokeskuksen kuukausittain kuolleiden tilastoa [4] ja EuroMoMo:n ylikuolleisuutta kuvastavia Z -arvoja [5]. Koronaan kuolleiden lähde on THL:n julkaisema raportti Tartuntatautirekisterin COVID-19-tapaukset [6], joka sisältää viikoittain koronaan kuolleiden lukumäärän.

Lähdekoodi

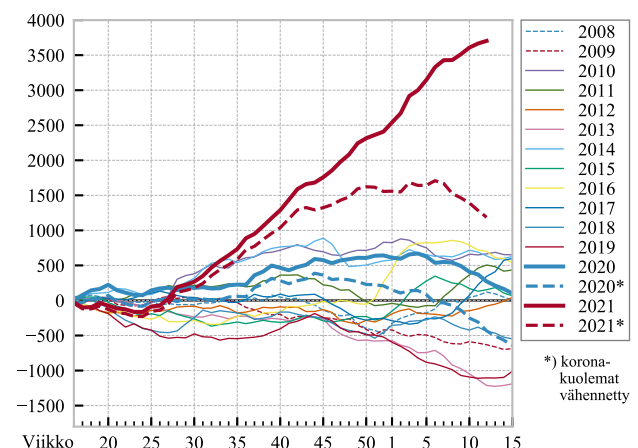
Mallinnus ja kuvaajat on tehty Python-ohjelmointikielellä käyttäen SciPy ja Matplotlib kirjastoja. Kaikki lähdekoodi sekä PDF-muotoiset kuvaajat ovat ladattavissa osoitteessa: https://github.com/k-ronning/acm_analyzer.

Tulokset ja pohdintaa

Laskemalla viikoittain kuolleiden lukumäärän ja mallifunktion erotuksen saamme tulokseksi kuvan 2 ylikuolleisuuskuvaajan, josta erottuu lähes joka vuosi toistuvat influenssa-aallot lyhyinä huippuina, joita yleensä seuraa useita kuukausia kestävä alikuolleisuus.

Vuosittain kumuloidu ylikuolleisuus

Influenssa-aallot voivat ajoittua ennen tai jälkeen uuden vuoden, mikä aiheuttaa suurta vaihtelua vuosittain kuolleiden tilastossa. Vuosittaista ylikuolleisuusanalyysiä voi parantaa siirtämällä kumuloinnin aikaikkunaa alkamaan vuodenvaihteen sijaan vasta influenssakausten jälkeen. Valitsimme aikaikkunan alkamisviikoksi viikon 16, sillä sitä myös EuroMoMon algoritmissa päädytty käyttämään ajankohtana, jolloin influenssakausi on ohi [7, s. 13]. Kuvassa 3 on vuosien 2008 - 2021 vuosittain kumuloidut ylikuolleisuuskäyrät siirrettyllä aikaikkunalla, josta näkyy selkeästi ylikuolleisuuden vuosittainen kehitys koko vuoden ajalta, kevät-, kesä- ja syyskuukausien ilmiöiden sijoittuen kuvaajassa vasemmalle ja suurta vuosittaista vaihtelua aiheuttavien influenssakausten sijoittuessa kuvaajan oikeaan laitaan. Vuosien 2020 ja 2021 käyrät on piirretty paksummalla viivalla. Lisäksi vuosien 2020 ja 2021 osalta on samanvärisellä katkoviivalla esitetty ylikuolleisuus, josta on vähennetty koronakuolleet, jotta voidaan arvioida koronasta johtumatonta ylikuolleisuutta.



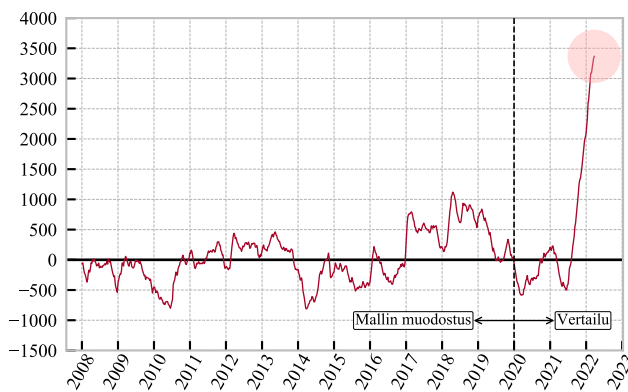
Kuva 3. Vuosittainen kumulatiivinen ylikuolleisuus 1990-2021. Kumulointi alkaen viikosta 16.

Kuvaajasta näkyy, että vuosi 2020 ei erotu aiemmista vuosista riippumatta siitä, tarkastellaanko koronakuolleita sisältävää käyrää, vai käyrää, josta koronakuolleet on vähennetty. Sitä vastoin vuosi 2021 oli hyvinkin huomionarvoinen,

sillä viikolla 25 ylikuolleisuus kääntyi vahvaan tasaiseen kasvuun, joka on jatkunut kirjoitushetkeen mennessä 35 viikkoa. Erityisen huomionarvoinen on ylikuolleisuuden kasvu viikosta 25 viikkoon 42: 1752 ylimääräistä kuollutta, josta koronakuolleita ainoastaan 231 kpl.

Koko tilastoajan kumuloitu ylikuolleisuus

Kuvassa 4 on kumuloitu ylikuolleisuutta koko mallissa käytetyn kuolintilaston ajalta. Kuvaajasta voi tulkita, että trendiviiva seuraa kuolleisuutta hyvin, mikä tarkoittaa, että yli-/alikuolleisuuden keskiarvo pitkällä tähtäimellä on lähellä nolaa kuten sen kuuluukin. Mikäli trendifunktiossa olisi virhe, lähtisi kumulatiivinen kuvaaja vaeltamaan ylös- tai alaspäin. Näin tavallaan tapahtuikin kesällä 2021, mutta mikä selittäisi äkillisen askel-muotoisen muutoksen kuolleisuustrendiin trendifunktion oltua käytännössä suora viiva aikavälillä 2008 - kesä 2021? Luontevampaa on olettaa, että trendifunktion olisi tullut jatkua lähes lineaarisena ja sen sijaan puhua ylikuolleisuudesta. Mallimme perusteella arvioimme, että vuoden 2021 toukokuun ja vuoden 2022 helmikuun välillä on yhteensä yli 3000 kuollutta enemmän kuin mitä olisi odotettu, ja näistä vain osa on koronaan kuolleita.



Kuva 4. Koko tilastoajan 1.1.2008 - 20.2.2022 kumuloitu ylikuolleisuus.

Mallin verifiointi

Mallintaessa on olemassa riski, että mallin oletukset ovat virheelliset. Varmistaaksemme mallimme oikeellisuuden vertailimme mallimme tuloksia kolmeen eri mallista riippumattomaan datalähteeseen: EuroMoMoon, Tilastokeskuksen kuukausittaisiin kuolintilastoihin sekä Tilastokeskuksen väestöennusteisiin.

EuroMoMo

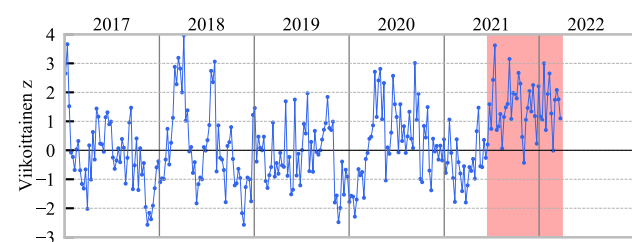
EuroMoMo on Tanskalaisen Statens Serum Institutin ylläpitämä kuolleisuuden valvontatyökalu. EuroMoMon malli ei tietäksemme ole julkinen, mutta sen tarjoamat viikoittaiset Z-arvot viittaavat standardinormaalijakaumaan. $Z = 1$ tarkoittaa yhden keskihajonnan etäisyyttä keskiarvosta, joka tässä tapauksessa on EuroMoMo-mallin kyseisen viikon odotetut kuolemat eli mallifunktio. EuroMoMon Z-arvot toimivat ohjauskaaviona, jossa hälytysraja on asetettu 4Z-kohdalle. Hälytysraja ylittyy usein esimerkiksi influenssa-aaltojen yhteydessä ja viittaa vahvaan äkilliseen ylikuolleisuuteen. Ohjauskaavioiden tulkinnassa on kuitenkin myös

otettava huomioon lievemmat mutta pitkäkestoisemmat poikkeamat. Tilastollisessa prosessinohjauksessa käytetään Nelsonin sääntöjä prosessien vakauden arviointiin. Analysoimalla EuroMoMon Z-arvoja Nelsonin säännöillä, rikkovat ne ainakin kolmea sääntöä:

- A) Yhdeksän tai enemmän peräkkäistä havaintoa on keskiviivan ($= 0$) samalla puolella.
- B) Neljä (tai viisi) viidestä peräkkäisestä havainnosta on etäämmällä kuin 1 keskihajonta ($= 1Z$) keskiviivasta samalla puolella.
- C) Kaksi (tai kolme) kolmesta peräkkäisestä havainnosta on etäämmällä kuin 2 keskihajontaa ($= 2Z$) keskiviivasta samalla puolella.

Kuvassa 5 näkyy EuroMoMon viikkottaiset Z-arvot vuodesta 2017 lähtien. Vuoden 2021 toisella puoliskolla yllä mainittujen sääntöjen rajat ylittyvät useamman kerran:

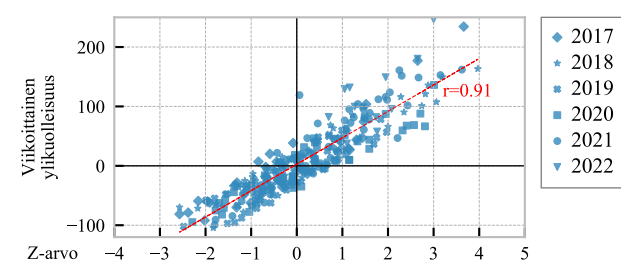
- Viikosta 24, 2021 on 20 peräkkäistä viikkoa, jolloin $Z > 0$, ja 33 seuraavista 35 viikkoista $Z > 0$, joten säännön A) raja ylittyy.
- Viikosta 35, 2021 viikkoon 7, 2022 on 9 tapausta, jolloin neljällä viikolla viidestä peräkkäisestä $Z > 1$, eli säännön B) raja ylittyy.
- Viikosta 27, 2021 viikkoon 6, 2022 on 4 tapausta, jolloin kahdella viikolla kolmesta peräkkäisestä $Z > 2$, eli säännön C) raja ylittyy.



Kuva 5. EuroMoMon Z-arvot, jossa punaisella merkityllä alueella kuolleisuustilasto rikkoo Nelsonin sääntöjä.

Yhdessä nämä kaikki tapaukset osoittavat, että kyse on vahvasti merkitsevästä poikkeamasta koko 2021 loppuvuoden aikana, kuten mallimmekin näyttää.

EuroMoMon Z-arvojen ja mallimme yhteensopivuus käy myös selkeästi ilmi korrelaatiokuvaajasta (kuva 6), jossa Z-arvot ja mallimme ylikuolleisuusarvot vuodesta 2017 lähtien ovat omilla akselillaan. Korrelaatiokerroin $r > 0,9$ tarkoittaa, että vertailut parametrit seuraavat toisiaan tiukasti ja kuvastavat samaa ilmiötä.

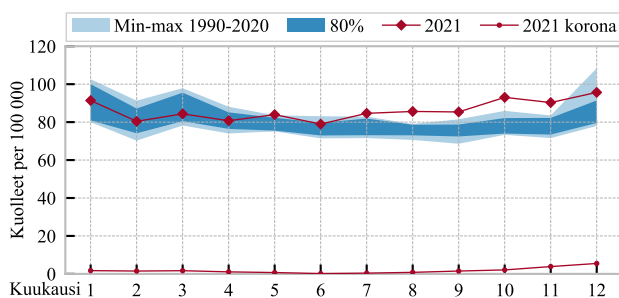


Kuva 6. Korrelaatio EuroMoMon Z-arvojen ja mallifunktiomme ylikuolleisuuden välillä.

Kuolemien kuukausittainen jakauma

Toisena verifiointina käytimme Tilastokeskuksen kuolintilastoa 1990-2021 laskeaksemme kuolleisuuden suhteellisen kuukausittaisen jakauman. Kuvassa 7 on esitetty vuosien 1990-2020 kuukausittainen kuolleisuus per 100 000 yhtenä alueena ja vuoden 2021 sekä 2022 arvot erikseen. Jakauma on säännöllinen vuodesta toiseen, isona muuttujana ainoastaan influenssa-aallot talvisin ja helleaallot kesäisin. Helmikuun noin 10% pudotus kaikkina vuosina johtuu helmikuun päivien lukumäärästä, joka on keskimäärin noin 10% vähemmän kuin muina kuukausina.

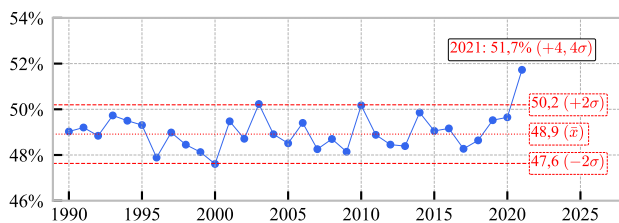
Kuvaajasta käy ilmi, että toukokuussa 2021 kuolleisuus oli jakauman ääripäässä ja heinäkuusta marraskuuhun koko tarkasteluajan ennätyslukemissa. Joulukuun arvo on kolmanneksi korkein, vain vuodet 1993 ja 2003 olivat korkeampia, niiden influenssa-aaltojen sijoittuessa joulukuuhun.



Kuva 7. Kuolleisuus kuukausittain 1990-2020. Vuoden 2021 jälkipuoliskon kuolleisuus ylittää merkittävästi koko 30v tilastohistorian. Koronan vaikutus oli marginaalinen.

Vuosipuoliskojen osuudet

Yksi prosessinohjauksessa käytetty menetelmä on tapahtumamäärien osuuksien vertailu segmentteittäin. Kuvassa 8 on vertailtu jokaisen vuoden toisen vuosipuoliskon kuolleiden määrän osuutta koko vuoden kuolleiden määrästä, joka on 1990-2020 liikkunut 47,6% ja 50,2% välillä, keskihajontana 0,66%. Vuosi 2021 poikkeaa aiemmasta erittäin vahvasti, olemalla 4,4 keskihajonnan etäisyydellä tarkastelukauden keskiarvosta. Todennäköisyys että tämä tapahtuisi sattumanvaraisesti ilman erillistä selittäjää on $p = 0,00001$, toisin sanoen kerran 100 000:ssa vuodessa.



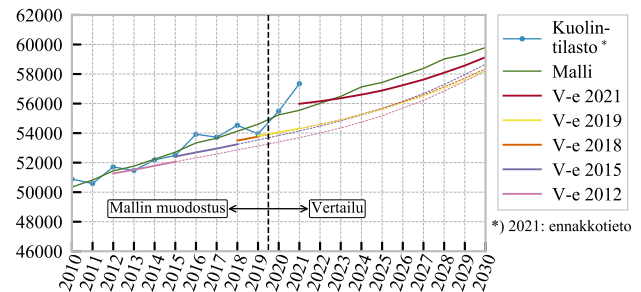
Kuva 8. Toisen vuosipuoliskon osuus koko vuoden kuolleiden määrästä. 2021 poikkeaa selvästi tilastohistoriasta.

Väestöennusteet

Tilastokeskus julkaisee 1-3 vuoden välein väestöennusteen, joka sisältää ennusteen vuosittain kuolevien määrästä. Kuvassa 9 väestöennusteet 2012, 2015, 2018 ja 2019 säännömukaisesti hieman aliarvioivat kuolleisuutta, minkä voi todeta vertaamalla niitä toteutuneeseen kuolintilastoon (sininen viiva). Mallin ollessa sovitettu vuosien 2008-2019

toteutuneeseen kuolintilastoon, se luonnollisesti seuraa tilastoa tiukasti vuoden 2019 loppuun saakka.

Huomionarvoista on 30.9.2021 julkaistu väestöennuste, jossa vuoden 2021 kuolleiden määrä on 1679 enemmän kuin 2019 väestöennusteessa, jäädessä kuitenkin 1356 kuolemaa alle toteutuman. Yhteensä 2021 kuolleiden lukumäärä on 3035 yli 2019 väestöennusteen, mikä on valtava poikkeama vain kaksi vuotta vanhasta ennusteesta.



Kuva 9. Vuosittain kuolleiden tilastoitu määrä sinisellä; mallin ennuste vihreällä ja väestöennusteet muilla väreillä.

Mahdollisia ylikuolleisuuden aiheuttajia

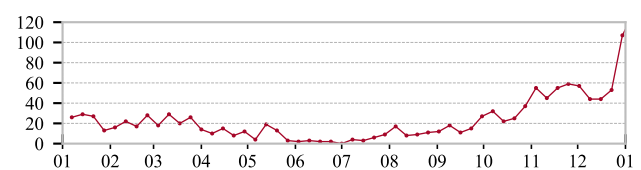
Hoitovelka

Korona-ajan politiikka kuten hoitovelan kasvu voisi osaltaan selittää ylikuolleisuutta, mutta muutos tuskin olisi äkillinen, vaan pikemminkin asteittainen. Toisin sanoen, miksi hoitovelka tammikuusta 2020 toukokuuhun 2021 ei olisi vaikuttanut ylikuolleisuuteen juuri lainkaan ja viikosta 25/2021 alkaen hyvin vahvasti ja pitkäkestoisesti? Hoitovelasta johutuva muutos ylikuolleisuudessa tulisi olla huomattavasti loivempi.

Koronavirus

Mikäli ihmisiä on kuollut koronaan ilman diagnosoitua koronavirusstartuntaa, voisi se selittää vahvaa ylikuolleisuutta. Kuitenkin vuoden 2021 koronakuolemat ovat alimmillaan kesällä — kesä- ja heinäkuulta yhteensä 31 kpl — kun ylikuolleisuuden muutos samalta ajalta oli +367. Vastavasti viikkojen 25 ja 42 välillä koronaan kuoli 231 kun ylikuolleisuus samalta ajalta oli +1752. Jotta koronaviruksen alidiagnosointi voisi selittää ylikuolleisuutta, pitäisi koronakuolleisuuden ja ylikuolleisuuden korreloida keskenään.

Lisäksi on huomioitava, että THL:n alustavat koronakuolemat vuodesta 2020 - 598 henkeä - vähennettiin Tilastokeskuksen kuolinsyytarkastelussa 558:ään henkeen. On odotettavissa, että THL:n nykyinen arvio 1136 koronakuollutta vuonna 2021 tullaan korjaamaan alaspäin. Toisin sanoen koronakuolemat selittäisivät vain noin kolmasosan mallimme esittämästä ylikuolleisuudesta ja vain marras-joulukuun osalta. Huomioiden, että vuonna 2020 oli noin 500 koronakuolemaa ilman merkittävää ylikuolleisuutta, jää jäljelle jopa 2500 selittämätöntä kuolemaa vuonna 2021.



Kuva 10. Koronaan kuolleet per viikko 2021.

Ikääntyvä väestö

Suomen väestön vanhimmat ikäluokat ovat kasvaneet jo pitkän aikaa, joten kuolemien absoluuttinen määrä on luonnollisesti myös sen myötä kasvanut. Tämä selittää Suomen kuolintilastojen tasaisen kasvun yli kymmenen vuoden ajan. Mikäli mallimme aliarvioisi kuolemien määrällisen kasvun, voisi se osaltaan selittää tässä artikkelissa havaitun ylikuolleisuuden.

Väestön ikääntyminen on kuitenkin hidas prosessi ja sen muutokset näkyvät pikemminkin loivana, kuten mallin hyödyntämisen trendiviivan muutokset, jotka jakautuvat useille vuosille ja vuosikymmenille. Esittämämme datat osoittavat, että vuoden 2021 kuolinmäärät olivat täysin normaaleja toukokuuhun asti, kun ne yhtäkkiä sinkoutuivat rajuun nousuun siten, että koko vuoden 2021 poikkeuksellinen ylikuolleisuus kohdistuu toiseen vuosipuoliskoon, ja joka edelleen jatkuu tätä artikkelia kirjoitettaessa.

Johtopäätökset

Olemme osoittaneet usealla mittaustavalla kesäkuussa 2021 alkaneen vahvan pitkäkestoisen poikkeaman Suomen kuolintilastoissa, joka on menetelmämme mukaan kokoluokaltaan 3000 henkeä ja selittyy vain pieneltä osin koronaan kuolleilla. Erityisesti vuonna 2021 viikkojen 25 – 42 välillä kuoli 1752 ihmistä odotettua enemmän, kun samalla aikavälillä koronaan kuoli 231 ihmistä, joten koronasta johtumaton ylikuolleisuus oli tuolla aikavälillä 1521 henkeä.

Noin kolmasosa havaitusta ylikuolleisuudesta näyttää osuvan alle 80-vuotiaiden ikäryhmään ja kaksi kolmasosaa yli 80-vuotiaisiin. Koronan alidiagnosointi, hoitovelka tai väestön ikääntyminen ei tasaista ja vahvaa ylikuolleisuutta myöskään selitä.

Ylikuolleisuuslöydös verifioitiin kolmella eri tarkasteltavalla: 1) vertailu EuroMoMoon; 2) poikkeamat kuolleisuuden kuukausittaisessa jakaumassa; 3) poikkeama väestöennusteeseen 2019 verrattuna. Nämä kolme mallista riippumatonta verifiointia vahvistavat mallimme esittämän ylikuolleisuuden, joka ei voi selittyä satunnaisvaihtelulla tilastollisen

merkitsevyyssasteen ollessa erittäin vahva.

Viranomaiset ovat toistaiseksi vähätelleet ylikuolleisuuden määrää tai vaienneet koko asiasta. Tämän tutkimuksen valossa on kuitenkin selvää, että vähättely tulee lopettaa ja ylikuolleisuuden aiheuttaja selvittää perinpohjaisesti ja luotettavasti.

Viitteet

- [1] THL. *THL:n turvallisuusseuranta: Kuolleisuus on ensimmäisen koronarokotuksen jälkeen matalampaa rokotuksen saaneilla kuin rokottamattomilla*. Linkki: <https://thl.fi/fi/-/thl-n-turvallisuusseuranta-kuolleisuus-on-ensimmaisen-koronarokotuksen-jalkeen-matalampaa-rokotuksen-saaneilla-kuin-rokottamattomilla>.
- [2] Helsingin Sanomat. *Viime vuonna kuoli 500 suomalaista odotusarvoa enemmän, mutta johtuiko kaikki koronaviruksesta?* Linkki: <https://www.hs.fi/tiede/art-200008571152.html>.
- [3] *Tilastokeskus: Kuolleet viikoittain sukupuolen, iän ja maakunnan mukaan (Pikaennakko)*. Linkki: https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/Kokeelliset_tilastot/Kokeelliset_tilastot__vamuukoke/koeti_vamuu_pxt_12ng.px/.
- [4] *Tilastokeskus: Väestömuutokset kuukausittain*. Linkki: https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__vrm_vamuu/statfin_vamuu_pxt_1111.px/.
- [5] *EuroMoMo Graphs and Maps*. Linkki: <https://www.euro-momo.eu/graphs-and-maps/>.
- [6] THL: *Tartuntatautirekisterin COVID-19-tapaukset*. Linkki: https://sampo.thl.fi/pivot/prod/fi/epirapo/covid19case/fact_epirapo_covid19case?row=dateweek20200101-509030&column=measure-444833.445356.492118.&fo=1.
- [7] Bernadette Gergonne. *EuroMoMo Work Package 7 Report - A European algorithm for a common monitoring of mortality across Europe*. Linkki: https://www.euromomo.eu/uploads/pdf/wp7_report.pdf. 2011.