

Fieldlab data-analyse

Het effect van openen van grootschalige evenementen tijdens de COVID-19 pandemie



Fieldlab data-analyse

Het effect van openen van grootschalige evenementen
tijdens de COVID-19 pandemie

Door

Thomas Stolp
Bas Kolen
Pieter van Gelder



Dankwoord

Wij danken de opdrachtgever CLICKNL voor het mogelijk maken van dit onderzoek. Van Fieldlab evenementen bedanken wij Dimitri Bonthuis, Maarten Schram en voor hun bijdrage. Lex Kruijver van onderzoeks- en adviesbureau Respons voor het verzamelen en aanleveren van de evenementgegevens. Ten slotte danken we Anja Schreijer, Roisin Bavalia en Nicky Renna van het Pandemic and Disaster Preparedness Center (PDPC) voor hun bijdrage aan dit rapport als geïnterviewde partij.

Samenvatting

Tijdens de coronapandemie zijn allerlei maatregelen genomen om de verspreiding van het virus tegen te gaan. Ook op evenementen zoals sportwedstrijden, concerten en festivals zijn maatregelen getroffen. Het sluiten van evenementen kon direct, het opengaan kostte enige tijd omdat vooral aan grote evenementen veel organisatie vooraf gaat. In deze studie is gekeken naar het effect van versoepelingen voor grootschalige evenementen op de verspreiding van het virus. De onderzoeksvraag is als volgt:

Is er een relatie te vinden tussen het openen van grootschalige evenementen en de verspreiding van het virus op basis van een data-analyse aanpak?

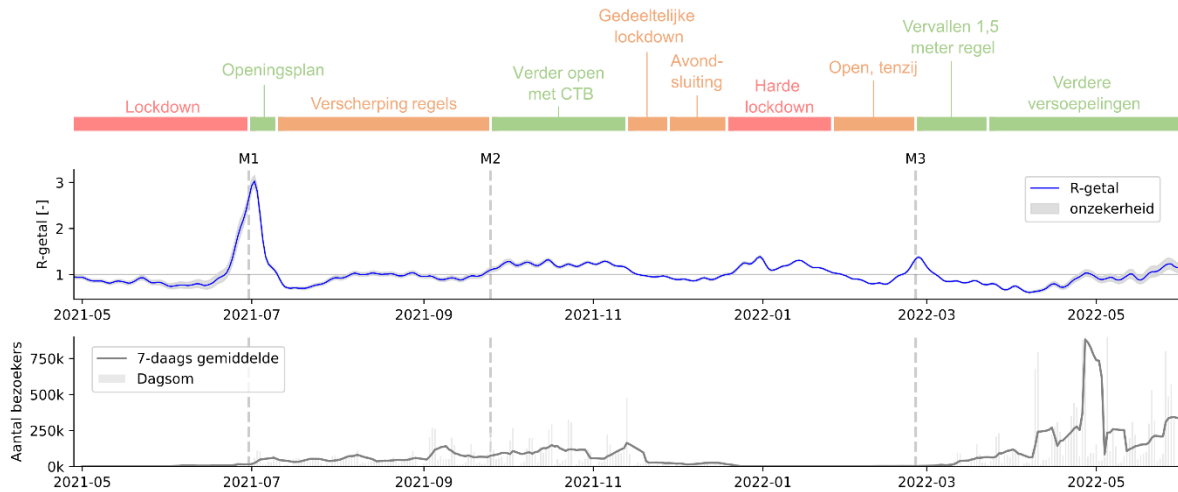
De hypothese was dat het effect van het openen van grote publieksevenementen terug te zien is in een (vertraagde) toename van het R-getal, omdat (1) het besmettingsrisico op evenementen zonder maatregelen groter is dan op veel andere plekken waar besmetting op kan treden (Kolen et al., 2022), en (2) dat er een vertraging zit tussen opengaan van de samenleving en de evenementen door de tijd die het kost deze te organiseren.

Als maat voor de verspreiding van het coronavirus is het reproductiegetal gekozen zoals dagelijks gerapporteerd werd door het RIVM. Voor de data-analyse is daarnaast een dataset gebruikt met gegevens van bezoekersaantallen op grootschalige evenementen tijdens de pandemie in Nederland, die is samengesteld door onderzoeksbureau Respons. Deze dataset bevat gegevens van evenementen met meer dan 3000 bezoekers, uitgezonderd sportevenementen. De dataset is uitgebreid met bezoekersaantallen van voetbalwedstrijden in de Ere- en Eerste Divisie, aangeleverd door de KNVB. Ook zijn geanonimiseerde gegevens gebruikt van het verplaatsingsgedrag van personen (Google Mobiliteitsrapporten voor COVID-19).

Er is een tijdlijn opgesteld met een overzicht van alle maatregelen die tijdens de pandemie van kracht zijn geweest voor publieksevenementen. Uit dat overzicht is een drietal versoepelingsmomenten (M1, M2 en M3) geselecteerd waarbij de meeste beperkende maatregelen voor evenementen kwamen te vervallen.

Afkorting	Datum	Beschrijving
M1	30 juni 2021	Evenementen met 100% bezoekerscapaciteit onder voorwaarden van testen voor toegang of een herstel- of vaccinatiebewijs.
M2	25 september 2021	Evenementen met een coronatoegangsbewijs kunnen zonder 1,5m regel. Evenementen binnen: Op 75% van reguliere bezoekerscapaciteit (zonder vaste zitplaats) en met verplichte sluiting tussen 00:00 en 06:00. Buiten: geen beperkingen.
M3	25 februari 2022	Geen coronatoegangsbewijs vereist en de 1,5m regel vervalt. Openingstijden en bezoekerscapaciteit weer zoals voor de pandemie.

Voor de periode rondom de versoepelingsmomenten is data verzameld en zijn visuele trends gemaakt. Uit de analyse blijkt dat de drie versoepelingsmomenten voor evenementen als laatste stap kwamen in een serie openingsmaatregelen voor de samenleving. In de trends vinden we terug dat het reproductiegetal al aan het toenemen was voordat de versoepelingen M1, M2 en M3 ingingen. Voor M1 en M3 zien we dat het R-getal daalt tijdens de periode waarin de versoepelingen van kracht waren, voor M2 zet de stijging nog kort door en vlak daarna af.



Naast visuele trends zijn correlatiecoëfficiënten berekend tussen de verandering in R-getal, datapunten van aantallen bezoekers van evenementen en datapunten die veranderingen in mobiliteitsgedrag aangeven. Daaruit volgt dat de gevonden correlaties in veel gevallen zeer klein (verwaarloosbaar) zijn. Het signaal van het R-getal kan sterk afwijken van lineair en daarmee kunnen de gevonden correlaties een vertekend beeld geven. Daarom moeten de gevonden waarden met zorg worden geïnterpreteerd omdat de analyse gevoelig is voor het vinden van toevallige verbanden (schijnrelaties).

Op basis van de analyse stellen we vast dat het effect van het openen van grootschalige evenementen moeilijk terug te vinden is in de landelijke reproductiegetal. Voor de drie versoepelingsmomenten die zijn geanalyseerd kunnen we niet terugvinden dat de versoepelingen voor evenementen een grote bijdrage hebben gehad in de verspreiding van het virus (gevat in een toename van het reproductiegetal). Tegelijkertijd weten we wel dat de kans op besmetting bij evenementen groter is dan op veel andere settings waar mensen kunnen zijn. Dat we geen effect zien hangt waarschijnlijk erg af van de epidemiologische situatie (onder andere de virusvariant en vaccinatiegraad) en dat kan komen doordat het reservoir aan vatbare personen dermate is afgenomen dat nieuwe besmettingen afnemen en het reproductiegetal daalt. Daarnaast is het aantal contactmomenten op evenementen waarschijnlijk relatief klein ten opzichte van alle andere contactmomenten in de samenleving die dan ook weer toegestaan zijn. Hierdoor kan het effect van evenementen in de landelijke cijfers van het reproductiegetal beperkt blijven ook al hebben de contactmomenten een hoger besmettingsrisico.

We doen de volgende aanbevelingen: (1) het verbeteren van de voorbereiding op een nieuwe pandemie door tijdens deze pandemie groot in te zetten op aanvullende data verzameling, met name het beter bijhouden van aantallen besmettingen per setting, de duur van contacten en de aantallen contacten. (2) verder onderzoek naar de modellering van de relatieve risicobijdrage van zowel evenementen als andere settings aan het totaal aantal besmettingen

Inhoud

1. INLEIDING	10
1.1. AANLEIDING	10
1.2. ONDERZOEKSDOEL	10
1.3. ONDERZOEKSMETHODE	11
1.4. BESCHRIJVING VAN VERZAMELDE DATA	11
1.4.1. SARS-CoV-2 surveillance	11
1.4.2. Bezoekers op grootschalige evenementen	12
1.4.3. Mobiliteit (verplaatsingsgedrag)	12
1.4.4. Beleidsmaatregelen	13
1.5. UITGANGSPUNTEN	13
1.6. LEESWIJZER	13
2. VERSOEPELINGSMOMENTEN VOOR GROOTSCHALIGE EVENEMENTEN	14
2.1. OVERZICHT VAN MAATREGELEN MET BETREKKING TOT EVENEMENTEN	14
2.2. VERSOEPELINGSMOMENTEN VOOR GROOTSCHALIGE EVENEMENTEN	17
2.3. PERIODE ROND EERSTE VERSOEPELINGSMOMENT (M1)	19
2.4. PERIODE ROND TWEEDE VERSOEPELINGSMOMENT (M2)	23
2.5. PERIODE ROND HET DERDE VERSOEPELINGSMOMENT (M3)	26
3. CORRELATIE ANALYSE	30
3.1. AANPAK ANALYSE	30
3.2. PERIODEN VAN TOENAME EN AFNAME R-GETAL	30
3.2.1. <i>Stijging van het reproductiegetal</i>	31
3.2.2. <i>Daling van het reproductiegetal</i>	32
4. DISCUSSIE & CONCLUSIES	33
4.1. DISCUSSIE	33
4.2. CONCLUSIES	36
4.3. AANBEVELINGEN	37
REFERENTIES	39
A. BIJLAGEN	40
A.1. CORRELATIES ROND VERSOEPELINGSMOMENTEN	40
A.1.1. <i>Eerste versoepelingsmoment (M1)</i>	40
A.1.2. <i>Tweede versoepelingsmoment (M2)</i>	43
A.1.3. <i>Derde versoepelingsmoment (M3)</i>	46
A.2. THE TRAFFIC SAFETY 'PANDEMIC' VS. THE COVID-19 PANDEMIC: A FRAMEWORK FOR THE COMPARATIVE ANALYSIS OF THEIR ATTRIBUTES AT GLOBAL LEVEL	49

Lijst met figuren

FIGUUR 1-1: SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE VERSPREIDING VAN HET VIRUS BIJ EEN REPRODUCTIEGETAL (R) VAN R=1, WAARBIJ HET AANTAL BESMETTINGEN GELIJK BLIJFT IN DE TIJD EN VOOR EEN WAARDE BOVEN DE 1.	12
FIGUUR 2-1: BOVEN HET REPRODUCTIEGETAL (BLAUW LIJN) MET 95% PREDICTIE INTERVALLLEN EN DE STRENGHEIDSINDEX (ORANJE LIJN). ONDER DE DOMINANTE VIRUS VARIANTEN (AANDEEL VAN HET TOTAAL) GEDURENDE PANDEMIE. VERLOOP VAN DE VACCINATIEGRAAD OP BASIS VAN GEREgistreERDE AANTALLEN IN CIMS (COVID-VACCINATIE INFORMATIE- EN MONITORINGSYSTEEM).	18
FIGUUR 2-2: GRAFIEK DIE HET REPRODUCTIEGETAL WEERGEEFT MET ONZEKERHEIDSBANDEN, GRAFIEK MET PERCENTAGE AANDEEL LEEFTIJDSCATEGORIE, GRAFIEK MET AANTAL BEZOEKERS, EN GRAFIEKEN VERANDERINGEN T.O.V. BASELINE WONEN EN WERKEN.	21
FIGUUR 2-3: GRAFIEKEN VAN DE PERCENTUELE VERANDERING VAN MOBILITEITSPARAMETERS 'SUPERMARKT/APOTHEEK' EN 'OV-STATIONS' TEN OPZICHTE VAN DE BASELINE.	23
FIGUUR 2-4: GRAFIEK DIE HET REPRODUCTIEGETAL WEERGEEFT MET ONZEKERHEIDSBANDEN.	25
FIGUUR 2-5: GRAFIEKEN VAN DE PERCENTUELE VERANDERING VAN MOBILITEITSPARAMETERS 'SUPERMARKT/APOTHEEK' EN 'OV-STATIONS' TEN OPZICHT VAN DE BASELINE.	26
FIGUUR 2-6: GRAFIEK DIE HET REPRODUCTIEGETAL WEERGEEFT MET ONZEKERHEIDSBANDEN.	28
FIGUUR 2-7: GRAFIEKEN VAN DE PERCENTUELE VERANDERING VAN MOBILITEITSPARAMETERS 'SUPERMARKT/APOTHEEK' EN 'OV-STATIONS' TEN OPZICHT VAN DE BASELINE.	29
FIGUUR 3-1: PERIODEN VAN TOENAME IN HET REPRODUCTIEGETAL (ROOD) EN AFNAME IN HET REPRODUCTIEGETAL (GROEN).	31
FIGUUR 3-2: CORRELATIES ALS FUNCTIE VAN DE MIDDELINGSPERIODE (HORIZONTALE AS) EN FASEVERTRAGING (VERTICALE AS) VOOR PERIODE MET TOENAME IN HET REPRODUCTIEGETAL.	31
FIGUUR 3-3: CORRELATIES ALS FUNCTIE VAN DE MIDDELINGSPERIODE (HORIZONTALE AS) EN FASEVERTRAGING (VERTICALE AS) VOOR PERIODE MET AFNAME IN HET REPRODUCTIEGETAL.	32
FIGUUR 4-1: SCHEMATISCHE WEERGAVE SEIR MODEL.	34
FIGUUR A-1: WEERGAVE VAN WEEKGEMIDDELDEN VAN DE VARIABELEN VOOR 10-WEKELIJKSE PERIODE ROND VERSOEPELINGSMOMENT M1 MET SPREIDING PER VEILIGHEIDSGEGEBIED.	40
FIGUUR A-2: GEVONDEN PEARSON CORRELATIECOEFFICIËNTEN R_{XY} VOOR 10 WEKELIJKSE PERIODE RONDOM VERSOEPELINGSMOMENT M1.	41
FIGUUR A-3: GEVONDEN PEARSON CORRELATIECOEFFICIËNTEN R_{XY} VOOR DE 5 WEKELIJKSE PERIODE VOOR HET VERSOEPELINGSMOMENT M1.	41
FIGUUR A-4: GEVONDEN SPEARMAN RANG CORRELATIECOEFFICIËNTEN R_S VOOR DE 5 WEKELIJKSE PERIODE VOOR HET VERSOEPELINGSMOMENT M1.	42
FIGUUR A-5: GEVONDEN PEARSON CORRELATIECOEFFICIËNTEN R_{XY} VOOR DE 5 WEKELIJKSE PERIODE NA HET VERSOEPELINGSMOMENT M1.	42
FIGUUR A-6: GEVONDEN SPEARMAN RANG CORRELATIECOEFFICIËNTEN R_S VOOR DE 5 WEKELIJKSE PERIODE NA HET VERSOEPELINGSMOMENT M1.	43
FIGUUR A-7: WEERGAVE VAN WEEKGEMIDDELDEN VAN DE VARIABELEN VOOR 10-WEKELIJKSE PERIODE ROND VERSOEPELINGSMOMENT M2 MET SPREIDING PER VEILIGHEIDSGEGEBIED.	43
FIGUUR A-8: GEVONDEN PEARSON CORRELATIECOEFFICIËNTEN R_{XY} VOOR 10 WEKELIJKSE PERIODE RONDOM VERSOEPELINGSMOMENT M2 VOOR DE VARIABELEN MET VERANDERING IN HET REPRODUCTIEGETAL EN DE GEVOELIGHEID MET FASEVERTRAGING EN MIDDELINGSPERIODE.	44
FIGUUR A-9: GEVONDEN PEARSON CORRELATIECOEFFICIËNTEN R_{XY} VOOR DE 5 WEKELIJKSE PERIODE VOOR HET VERSOEPELINGSMOMENT M2.	44
FIGUUR A-10: GEVONDEN SPEARMAN RANG CORRELATIECOEFFICIËNTEN R_S VOOR DE 5 WEKELIJKSE PERIODE VOOR HET VERSOEPELINGSMOMENT M2.	45
FIGUUR A-11: GEVONDEN PEARSON CORRELATIECOEFFICIËNTEN R_{XY} VOOR DE 5 WEKELIJKSE PERIODE NA HET VERSOEPELINGSMOMENT M2.	45
FIGUUR A-12: GEVONDEN SPEARMAN RANG CORRELATIECOEFFICIËNTEN R_S VOOR DE 5 WEKELIJKSE PERIODE NA HET VERSOEPELINGSMOMENT M2.	45
FIGUUR A-13: WEERGAVE VAN WEEKGEMIDDELDEN VAN DE VARIABELEN VOOR 10-WEKELIJKSE PERIODE ROND VERSOEPELINGSMOMENT M3 MET SPREIDING PER VEILIGHEIDSGEGEBIED.	46

FIGUUR A-14:GEVONDEN CORRELATIECOËFFICIËNTEN VOOR 10 WEKELIJKSE PERIODE RONDOM VERSOEPELINGSMOMENT M2 VOOR DE VARIABELEN MET VERANDERING IN HET REPRODUCTIEGETAL EN DE GEVOELIGHEID MET FASEVERTRAGING EN MIDDELINGSPERIODE.....	46
FIGUUR A-15: GEVONDEN PEARSON CORRELATIECOËFFICIËNTEN R_{xy} VOOR DE 5 WEKELIJKSE PERIODE VOOR HET VERSOEPELINGSMOMENT M3.	47
FIGUUR A-16: GEVONDEN SPEARMAN RANG CORRELATIECOËFFICIËNTEN R_S VOOR DE 5 WEKELIJKSE PERIODE VOOR HET VERSOEPELINGSMOMENT M3.	47
FIGUUR A-17: GEVONDEN PEARSON CORRELATIECOËFFICIËNTEN R_{xy} VOOR DE 5 WEKELIJKSE PERIODE NA HET VERSOEPELINGSMOMENT M3.	47
FIGUUR A-18: GEVONDEN SPEARMAN RANG CORRELATIECOËFFICIËNTEN R_S VOOR DE 5 WEKELIJKSE PERIODE NA HET VERSOEPELINGSMOMENT M3.....	48

Lijst met tabellen

TABEL 2-1: OVERZICHT VAN MAATREGELEN VOOR EVENEMENTEN IN NEDERLAND. MET KLEUR IS DE STRIKTHEID VAN DE MAATREGELEN, ROOD: GEEN EVENEMENTEN, ORANJE: EVENEMENTEN MET REGELS EN GROEN: EVENEMENTEN OPEN.	14
TABEL 2-2: VERSOEPELINGSMOMENTEN DIE BETREKKING HEBBEN OP HET OPENGAAN VAN GROOTSCHALIGE EVENEMENTEN EN DE VIRUS VARIANT DIE IN DE BETREFFENDE PERIODE DOMINANT WAS IN NEDERLAND.	17
TABEL 2-3: OVERZICHT VAN MAATREGELEN/VERSOEPELINGEN IN DE PERIODE 28 APRIL 2021 TOT EN MET 25 SEPTEMBER 2021.	20
TABEL 2-4: OVERZICHT VAN MAATREGELEN/VERSOEPELINGEN IN DE PERIODE VAN 25 SEPTEMBER 2021 TOT EN MET 1 JANUARI 2022.	24
TABEL 2-5: OVERZICHT VAN MAATREGELEN IN DE PERIODE ROND VERSOEPELINGSMOMENT M3.	27
TABEL 4-1: BESMETTINGSRISICO OP VERSCHILLENDE TYPE EVENEMENTEN EN BESMETTINGSRISICO THUIS IN DEZELFDE PERIODE OP BASIS VAN RESULTATEN VAN FIELDLAB TESTEVENTS (KOLEN ET AL., 2022).	34

1. Inleiding

1.1. Aanleiding

Vanaf maart 2020 heeft het coronavirus (SARS-CoV-2) voor een periode van ongeveer twee jaar grote invloed gehad op het dagelijks leven in Nederland. Er zijn allerlei maatregelen genomen om de verspreiding van het virus tegen te gaan. Ook voor evenementen zoals sportwedstrijden, concerten en festivals zijn verschillende maatregelen ingegaan. Het sluiten van evenementen kon direct, opengaan kostte enige tijd omdat vooral bij grote evenementen sprake is van een langere opstartperiode die nodig is voor de voorbereidingen.

In het eerste jaar van de pandemie waren evenementen grotendeels verboden. Begin van de zomer van 2021 kwamen de eerste versoepelingen voor de samenleving en daarna ook voor evenementen. Met Testen voor Toegang en het Coronatoegangsbewijs (CTB) konden grootschalige evenementen weer doorgaan. Daarop volgde een periode met wisselingen in de geldende maatregelen, waarbij soms versoepelingen werden aangekondigd die later weer werden ingetrokken.

Gedurende de pandemie zijn gegevens verzameld van de verspreiding van het virus, waaronder de aantallen positieve testen, de virusvracht uit rioolwatersurveillance en de registratie van aantallen ziekenhuisopnames. Daarnaast zijn geanonimiseerde gegevens beschikbaar gesteld van het verplaatsingsgedrag van mensen. Het analyseren van deze openbare databronnen kan mogelijk bijdragen aan een beter inzicht in het effect van een maatregel of versoepeling. Dat is van belang omdat daarmee betere afwegingen gemaakt kunnen worden bij de bestrijding van het virus. Maatregelen die minder effectief zijn kunnen vermeden worden om zo de impact op de samenleving te minimaliseren.

Deze studie valt binnen het onderzoeksprogramma van Fieldlab Evenementen. Fieldlab Evenementen is een gezamenlijk initiatief van de eventensector, de overheid en de betrokken wetenschappelijke partners en heeft als doel om onderzoek te doen naar de mogelijkheid om grootschalige evenementen te organiseren ten tijde van een pandemie, waarbij het risico op besmetting binnen acceptabele marges ten opzichte van de rest van de samenleving ligt.

1.2. Onderzoekdoel

Deze studie heeft als doel om de relatie tussen het opengaan van grootschalige evenementen en veranderingen in de verspreiding van het coronavirus te onderzoeken aan de hand van data-analyse. Daarbij richten we ons op het beantwoorden van de volgende onderzoeksvraag:

Is er een relatie terug te zien tussen openen van grootschalige evenementen en de verspreiding van het virus op basis van een data-analyse aanpak?

Hiervoor richten we ons op grootschalige evenementen: Evenementen met een verwacht aantal van ten minste 3000 bezoekers, gebaseerd op voorgaande edities. Hiervan is data beschikbaar gesteld door Respons¹ voor zowel binnen- als buitenevenementen. De dataset bevat gegevens van

¹ Respons Evenementen Toerisme Citymarketing, onderzoeksbureau in evenementenonderzoek.

evenementen die tijdens de coronapandemie hebben plaatsgevonden met daarbij schattingen van de bezoekersaantallen.

Uit onderzoek op testevenementen blijkt dat het besmettingsrisico op evenementen anders is dan op andere plekken waar besmetting op kan treden (Kolen et al., 2022). Daarnaast kunnen de grote evenementen pas enkele weken na een versoepeling van de maatregelen plaatsvinden omdat de organisatie daarvan meer tijd kost door onder andere kaartverkoop en vergunningaanvragen. De hypothese is daarom dat de effecten van het openen van grootschalige evenementen, door deze vertraging en door het verhoogde risico, terug zijn te zien in openbare gegevens die de verspreiding van het virus aangeven.

1.3. Onderzoeksmethode

Dit onderzoek bestaat uit de volgende drie onderdelen:

1. Dataverzameling en voorbereiding: Het verzamelen en voorbereiden van gegevens uit surveillancebronnen van het coronavirus, gegevens over evenementenbezoek en gegevens over het verplaatsingsgedrag van personen.
2. Beschrijving van maatregelen en versoepelingen voor evenementen: Een overzicht maken van alle maatregelen met betrekking tot grootschalige evenementen. Daaruit een selectie maken van versoepelingsmomenten waarbij de meeste beperkende maatregelen vervielen.
3. Data-analyse: Aan de hand van visuele trends de situatie rondom versoepelingsmomenten weergeven. Daarbij ook de epidemiologische situatie beschrijven waaronder de virusvariant(en) en de bescherming vanuit de samenleving middels de vaccinatiegraad. Het beschrijven van andere versoepelingen in de periode. Ten slotte het berekenen van correlaties tussen de verzamelde variabelen voor perioden rondom versoepelingsmomenten.

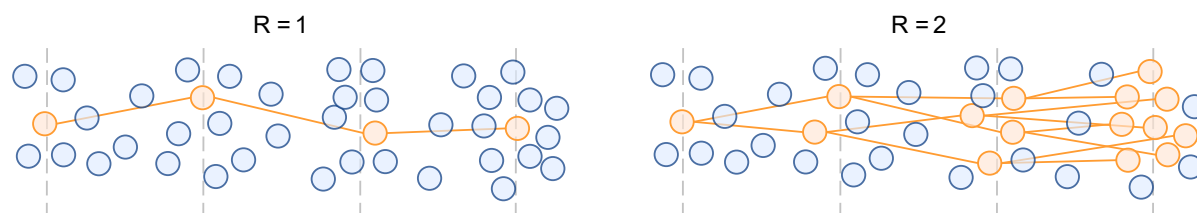
1.4. Beschrijving van verzamelde data

1.4.1. SARS-CoV-2 surveillance

Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) publiceert openbare data, veelal op dagelijkse basis, van metingen uit verschillende surveillancebronnen. Deze metingen geven een indicatie van de verspreiding van het virus over de bevolking. Het aantal besmettingen neemt in golven toe- en daarna weer af. Dat patroon is bijvoorbeeld terug te zien in cijfers van positieve testuitslagen. Er zit een vertraging tussen het moment van de besmetting en de cijfers die we in surveillancebronnen terugzien. Dat geldt voor positieve testen waar de vertraging een aantal dagen zal zijn (de incubatietijd), maar ook voor cijfers van ziekenhuis- en ic-opnames waarbij de vertraging groter zal zijn.

Het RIVM publiceert daarnaast dagelijks berekende waarden van het reproductiegetal. Het reproductiegetal geeft het gemiddeld aantal mensen aan dat door één geïnficeerde persoon wordt besmet, het aantal secundaire gevallen. De waarde van R geeft aan hoe snel het aantal gevallen van COVID-19 toeneemt in de tijd. Bij een R-getal van 1 zal het aantal besmette mensen in een populatie gelijk blijven, maar wanneer het R-getal boven de 1 stijgt neemt het aantal besmettingen exponentieel toe. Het reproductiegetal verandert in de tijd door onder andere interventies (sociale afstand),

veranderingen in virus variant en door de bescherming tegen het virus middels de opbouw van antistoffen en het vaccinatieprogramma.



Figuur 1-1: Schematische weergave van de verspreiding van het virus bij een reproductiegetal (R) van $R=1$, waarbij het aantal besmettingen gelijk blijft in de tijd en voor een waarde boven de 1.

In deze studie gebruiken we het R -getal, dagelijks gerapporteerd² door het RIVM, als maat voor de verspreiding van het virus in de samenleving. Voor de bepaling van het R -getal gebruikt het RIVM de methode van Wallinga (Wallinga et. al., 2007). Daarbij wordt gebruik gemaakt van informatie van GGD'en over de tijd tussen de eerste ziektedag van een COVID-19 geval en de eerste ziektedag van diens besmetter. Bij de berekening van R wordt ook een schatting van de onzekerheid gegeven door middel van 95% betrouwbaarheidsintervallen. We nemen aan dat het R -getal zoals berekend door het RIVM nauwkeuriger is dan een eigen bepaling van de verspreiding van het virus op basis van openbare databronnen zoals het aantal ziekenhuisopnames.

1.4.2. Bezoekers op grootschalige evenementen

In deze studie gebruiken we een dataset met bezoekersaantallen op evenementen die zijn toegeleverd door onderzoeks- en adviesbureau Respons. De dataset bevat gegevens van evenementen van ten minste 3000 bezoekers (gemiddeld genomen in vorige edities). De dataset bevat zowel binnen- als buitenevenementen met onder andere muziektournees, beurzen en congressen, tentoonstellingen, kermissen tot andere soorten bijeenkomsten. Bezoek aan bars, restaurants en musea behoort niet tot deze evenementen.

Bij deze gegevens zijn in de meeste gevallen alleen de start- en einddatum gegeven. Bij evenementen met een lange doorlooperperiode zoals kunst en cultuur evenementen met verschillende optredens hebben we een verdeling gemaakt van de bezoekersaantallen per dag. Daarbij is zoveel mogelijk opgezocht of welke dagen deze evenementen hebben plaatsgevonden. Wanneer dat niet meer exact te achterhalen was is een aanname gedaan.

De dataset bevat geen sportevenementen en daarom is deze uitgebreid met de gegevens toeschouwersaantallen bij wedstrijden in het seizoen 2021-2022 voor de Keukenkampioendivisie en de Eredivisie. Deze gegevens zijn aangeleverd door de KNVB.

1.4.3. Mobiliteit (verplaatsingsgedrag)

Tijdens de COVID-19 pandemie zijn geanonimiseerde bewegingspatronen bijgehouden en via mobiliteitsrapporten openbaar gemaakt voor onderzoek (Google, 2020). Hierin is data geaggregeerd van gebruikers die hun Locatie Geschiedenis instellingen aan hebben staan op hun mobiele telefoon. Deze dataset geeft een indicatie van verblijftijd op verschillende plaatscategorieën:

² Open data van de overheid, 'covid-19 reproductiegetal' <https://data.overheid.nl/dataset/12704-covid-19-reproductiegetal>

- Detailhandel en recreatie: Bezoek aan restaurants, cafés, winkelcentrums, attractieparken, museums, bibliotheken, bioscopen
- Supermarkten en apotheken: Supermarkten, markten, bakkers, slagers, apotheken en drogisterijen.
- Parken: Nationale parken, publieke standen, havens, honden parken, plaza's, publieke tuinen.
- OV-stations: Metro- en bus stations, trein stations.

De dataset bevat dagelijkse waarden die de percentuele verandering aangeven ten opzichte van een baseline van voor de pandemie. De baseline is gedefinieerd als de mediaan van een corresponderende dag van de week gedurende de 5-weekse periode van 3 januari 2020 tot 6 februari 2020. Informatie van mobiliteitspatronen is beschikbaar in 127 landen waaronder Nederland. De nauwkeurigheid van de plaatscategorieën hangt af van de nauwkeurigheid van de GPS locaties van mobiele telefoons.

1.4.4. Beleidsmaatregelen

De pandemische maatregelen, die gedurende de COVID-19-pandemie zijn ingevoerd, zijn terug te vinden in berichtgeving en publicaties van de Rijksoverheid. Voor deze studie is zowel gekeken naar de wijzigingen in de maatregelen die betrekking hebben op evenementen als maatregelen voor de andere sectoren en locaties.

1.5. Uitgangspunten

Hieronder zijn de uitgangspunten van deze studie gegeven:

- In deze studie richten we ons op de grote getallen, de landelijk gemiddelden, en wordt niet gekeken naar individuele evenementen of regio's. We kijken niet op persoonsniveau maar naar geaggregeerde aantallen bezoekers per dag op landelijk niveau.
- De gegevens over het aantal bezoekers op grote evenementen zijn schattingen en we nemen aan dat deze over de hele onderzoeksperiode op een eenduidige manier vergaard zijn.
- We nemen aan dat de manier van berekening van het reproductiegetal betrouwbaar is, constant op dezelfde wijze is uitgevoerd, en dat dit een goed beeld geeft van de daadwerkelijke verspreiding van het virus.

1.6. Leeswijzer

In het tweede hoofdstuk geven we een overzicht van alle maatregelen met betrekking tot evenementen en beschrijven hoe in die periode de dominante virusvarianten en het verloop van de vaccinatiegraad veranderden. Vervolgens maken we een selectie van de versoepelingsmomenten waar we vervolgens meer op inzoomen. We laten zien hoe het reproductiegetal rondom die momenten varieert en we laten het verloop zien van de andere verklarende variabelen, zoals evenementbezoek. In het derde hoofdstuk presenteren we resultaten van de correlatie analyse. Ten slotte geven we een discussie van de resultaten en de conclusie.

2. Versoepelingsmomenten voor grootschalige evenementen

In dit hoofdstuk geven we allereerst een overzicht van alle maatregelen die in Nederland tijdens de coronapandemie op evenementen van kracht zijn geweest. Daarna selecteren we de versoepelingsmomenten waar we later in het hoofdstuk individueel op inzoomen. We geven met visuele trends weer hoe de verspreiding van het virus (verloop van het reproductiegetal) veranderde rondom die versoepelingsmomenten. We laten ook trends zien van de verzamelde databronnen waaronder aantallen bezoekers op evenementen en de veranderingen in verplaatsingsgedrag (de mobiliteit, in aantallen en verblijftijd op verschillende settings) en de epidemiologische situatie (vaccinaties en virus variant).

2.1. Overzicht van maatregelen met betrekking tot evenementen

Tijdens de pandemie zijn allerlei maatregelen voor evenementen ingegaan zoals een volledig verbod, verplichte zitplaatsen en capaciteitsbeperkingen. In Tabel 2-1 is een overzicht gegeven van alle geldende maatregelen voor evenementen met een ingangs- en einddatum.

Tabel 2-1: Overzicht van maatregelen voor evenementen in Nederland. Met kleur is de striktheid van de maatregelen, rood: geen evenementen, oranje: evenementen met regels en groen: evenementen open.

Verandering in maatregelen m.b.t. evenementen	Ingangsdatum	Einddatum
<i>Intelligente lockdown</i> ³ Evenementen verboden.	12 maart 2020	1 juli 2020
<i>Ruimte met regels</i> ⁴ Evenementen die een vergunning nodig hebben mogen weer doorgaan, gemeenten moeten beslissen of organisatoren 1,5m regels kunnen garanderen. Vergunning verlenen kost tijd, duurt nog enkele weken voordat eerste evenementen kunnen plaatsvinden. Binnenlocaties: <ul style="list-style-type: none">• Evenementen binnen met maximaal 100 personen per ruimte met vaste zitplaats. Buitenlocaties:	1 juli 2020	28 september 2020

³ Rijksoverheid, 'Maart 2020: Maatregelen tegen verspreiding coronavirus, intelligente lockdown', <https://www.Rijksoverheid.nl/onderwerpen/coronavirus-tijdlijn/maart-2020-maatregelentegen-verspreiding-coronavirus> [geraadpleegd op 18-01-2023].

⁴ Rijksoverheid, 'Per 1 juli: 1,5 meter blijft norm', <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2020/06/24/per-1-juli-15-meter-blijft-norm> [geraadpleegd op 18-01-2023].

<ul style="list-style-type: none"> • Evenementen buiten met maximaal 250 personen. Geen maximum aantal bij vaste zitplaatsen, een reservering en een gezondheidscheck vooraf. • Op buitenlocaties met doorstroom, waaronder kermissen en braderieën, geldt geen maximumaantal personen. Overal dient 1,5 meter afstand te worden gehouden. 		
<p><i>Aangescherpte maatregelen</i>⁵</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evenementen buiten, zonder continue doorstroming, met maximaal 40 personen • Evenementen buiten, met continue doorstroming, geldt een maximaal aantal bezoekers per vierkante meter. • Sportwedstrijden, zowel amateur als professioneel, zonder publiek 	28 september 2020	14 oktober 2020
<p><i>Gedeeltelijke lockdown</i>⁶</p> <p>Evenementen zijn verboden. Uitzondering van markten, beurzen en congressen, bioscopen en theaters, wedstrijden en betogingen.</p>	14 oktober 2020	3 november 2020
<p><i>Verzwarende lockdown</i>⁷</p> <p>Evenementen binnen en buiten zijn verboden met uitzondering van betogingen.</p>	3 november 2020	19 november 2020
<p><i>Gedeeltelijke lockdown</i>⁸</p> <p>Extra maatregelen van 3 november vervallen.</p>	19 november 2020	15 december 2020
<p><i>Lockdown</i>⁹</p> <p>Evenementen verboden</p>	15 december 2020	30 juni 2021
<p><i>Openingsplan</i>¹⁰</p>	30 juni 2021	10 juli 2021

⁵ Rijksoverheid, 'Aangescherpte maatregelen om de verspreiding van het virus terug te dringen' <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2020/09/28/aangescherpte-maatregelen-om-de-verspreiding-van-het-virus-terug-te-dringen> [geraadpleegd op 18-01-2023].

⁶ Rijksoverheid, 'Gedeeltelijke lockdown om besmettingen terug te dringen' <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2020/10/13/gedeeltelijke-lockdown-om-besmettingen-terug-te-dringen> [geraadpleegd op 18-01-2023].

⁷ Rijksoverheid, 'Tijdelijke verzwarende van de gedeeltelijke lockdown' <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2020/11/03/tijdelijke-verzwarende-van-de-gedeeltelijke-lockdown> [geraadpleegd op 18-01-2023].

⁸ Rijksoverheid, 'Gedeeltelijke lockdown gaat verder' <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2020/11/17/gedeeltelijke-lockdown-gaat-verder> [geraadpleegd op 18-01-2023].

⁹ Rijksoverheid, 'Lockdown om contacten tot een minimum te beperken' <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2020/12/14/lockdown-om-contacten-tot-een-minimum-te-beperken> [geraadpleegd op 18-01-2023].

¹⁰ Rijksoverheid, 'Vanaf 30 juni evenementen met 100% bezoekerscapaciteit mogelijk' <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2021/06/11/vanaf-30-juni-evenementen-met-100-bezoekerscapaciteit-mogelijk> [geraadpleegd op 18-01-2023].

Evenementen open op 100% bezoekerscapaciteit onder voorwaarden zoals gebruik van testen voor toegang of een herstel- of vaccinatiebewijs.

Verscherping regels¹¹

10 juli 2021 25 september 2021

- Vaste zitplaats en 1,5 meter afstand.
- Gebruik van het coronatoegangsbewijs, maximaal twee derde van de capaciteit.
- Toegangstest voor een coronatoegangsbewijs is 24 uur geldig.
- Duur evenementen maximaal 24 uur

Verder open met het coronatoegangsbewijs¹²

25 september 2021 13 november 2021

- Opnieuw open met coronatoegangsbewijs zonder 1,5m regel.
- Evenementen binnen kunnen op 75% reguliere bezoekerscapaciteit doorgaan (zonder vaste zitplaats) met verplichte sluiting tussen 00:00 en 06:00.
- Buiten gelden geen beperkingen.

Gedeeltelijke lockdown¹³

13 november 2021 28 november 2021

Sluitingstijd voor evenementen van 18:00 uur tot 06:00 uur.

Maximale groepsgrootte van 1250 personen

Verbod op publiek bij sportwedstrijden.

Vaste zitplaats verplicht op plekken waar coronatoegangsbewijs geldt, met uitzondering van doorstroomlocaties.

Avondsluiting¹⁴

28 november 2021 19 december 2021

Evenementen sluiten om 17:00 uur.

Mondkapje verplicht.

Harde lockdown¹⁵

19 december 2021 26 januari 2022

Evenementen verboden

¹¹ Rijksoverheid, 'Snelle toename besmettingen dwingt tot maatregelen in de zomer' <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2021/07/09/snelle-toename-besmettingen-dwingt-tot-maatregelen-in-de-zomer> [geraadpleegd op 18-01-2023].

¹² Rijksoverheid, 'Nederland verder open met coronatoegangsbewijs' <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2021/09/14/nederland-verder-open-met-coronatoegangsbewijs> [geraadpleegd op 18-01-2023]

¹³ Rijksoverheid, 'Besmettingen moeten omlaag: strengere regels om contacten te beperken' <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2021/11/12/besmettingen-moeten-omlaag-strengere-regels-om-contacten-te-beperken> [geraadpleegd op 18-01-2023]

¹⁴ Rijksoverheid, 'Avondsluiting en strengere maatregelen overdag' Avondsluiting en strengere maatregelen overdag [geraadpleegd op 18-01-2023]

¹⁵ Rijksoverheid, 'Verspreiding Omikron vertragen: Nederland in lockdown' <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2021/12/18/verspreiding-omikron-vertragen-nederland-in-lockdown> [geraadpleegd op 18-01-2023]

<p><i>Open, tenzij</i>¹⁶</p> <p>Evenementen zoals concerten en beurzen mogen weer binnen en buiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maximaal 1250 mensen. • Vaste zitplaats. • Grote evenementen alleen buiten. • Nog geen festivals 	26 januari 2022	25 februari 2022
<p><i>Vervallen 1,5 meter regel</i>¹⁷</p> <p>Geen coronatoegangsbewijs meer.</p> <p>Testen voor toegang, binnen met meer dan 500 mensen zonder zitplaats.</p>	25 februari 2022	23 maart 2022
<p><i>Verdere versoepelingen</i>¹⁸</p> <p>Geen testen voor toegang meer en nergens nog een coronabewijs nodig</p>	23 maart 2022	Heden

2.2. Versoepelingsmomenten voor grootschalige evenementen

In deze studie kijken we naar de versoepelingsmomenten voor grootschalige evenementen. Uit het overzicht van maatregelen met betrekking tot evenementen, gegeven in Tabel 2-1, vinden we een aantal momenten met versoepelingen terug. We kiezen momenten waarin de evenementen zoveel mogelijk 'normaal' konden doorgaan. Daarmee bedoelen we zonder 1,5 meter regels en zonder vaste zitplaats en tenminste op 75% van capaciteit.

Tabel 2-2: versoepelingsmomenten die betrekking hebben op het opengaan van grootschalige evenementen en de virus variant die in de betreffende periode dominant was in Nederland.

	Verandering in maatregelen m.b.t. evenementen	Datum	Virus variant
M1	Opening evenementen met 100% bezoekerscapaciteit onder voorwaarden zoals gebruik van testen voor toegang of een herstel- of vaccinatiebewijs.	30 juni 2021	Opkomst Delta & afvlakking Alpha
M2	Opening evenementen met het coronatoegangsbewijs zonder 1,5m regel. Evenementen binnen kunnen op 75% reguliere bezoekerscapaciteit doorgaan (zonder vaste zitplaats) met verplichte sluiting tussen 00:00 en 06:00. Buiten gelden geen beperkingen.	25 september 2021	Delta

¹⁶ Rijksoverheid, 'Open, tenzij: bijna alles open tot 22.00 uur' <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2022/01/25/open-tenzij-bijna-alles-open-tot-22.00-uur> [geraadpleegd op 18-01-2023]

¹⁷ Rijksoverheid, 'Anderhalve meter afstand niet meer verplicht vanaf 25 februari' <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2022/02/24/anderhalve-meter-afstand-niet-meer-verplicht> [geraadpleegd op 18-01-2023]

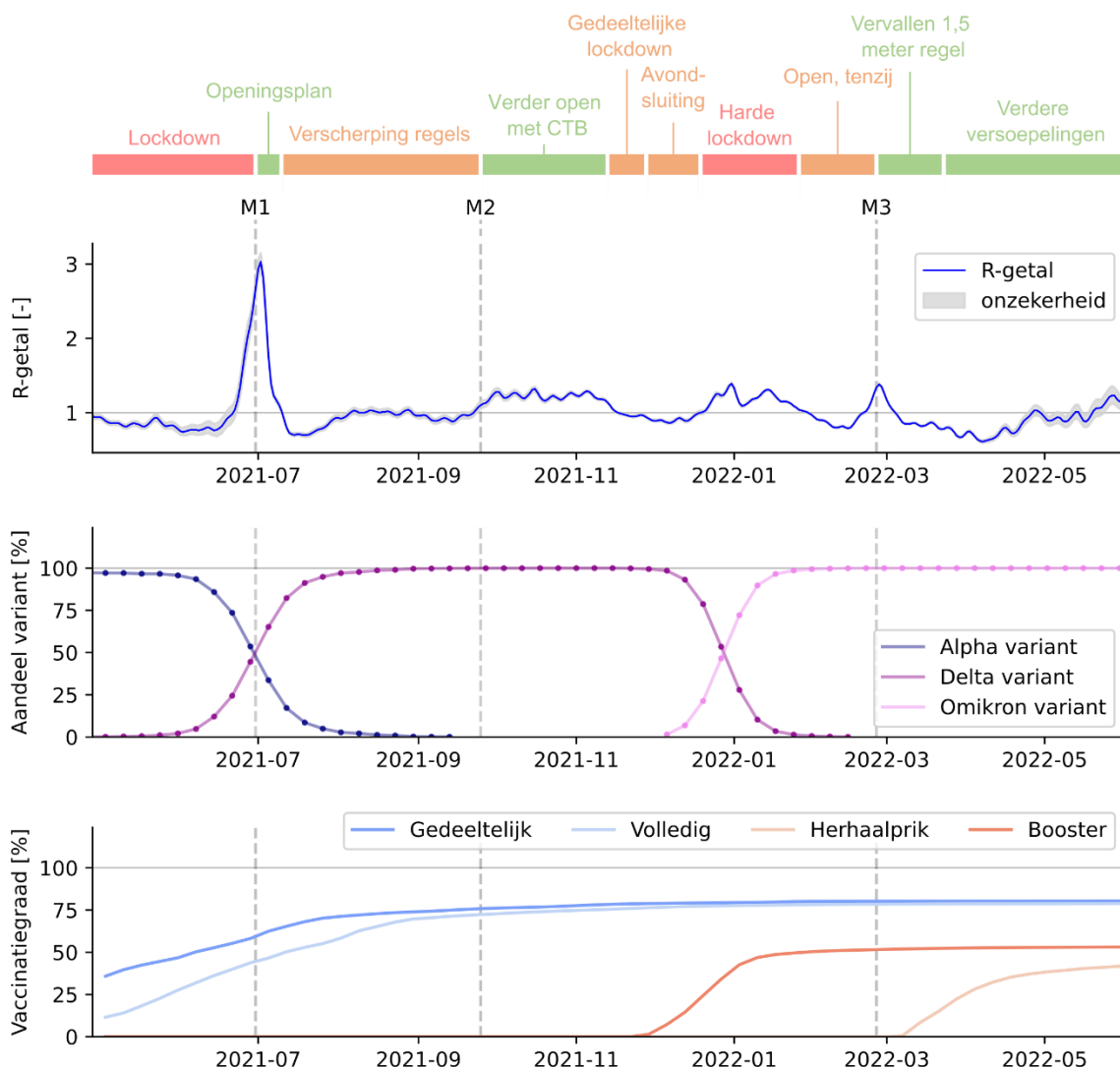
¹⁸ Rijksoverheid, 'Verdere versoepelingen coronamaatregelen' <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2022/03/15/verdere-versoepelingen-coronamaatregelen> [geraadpleegd op 18-01-2023]

M3 Geen coronatoegangsbewijs nodig en 1,5m regel vervalt. Openingstijden en bezoekerscapaciteit weer zoals voor de pandemie.

25 februari 2022

Omikron (BA.1, BA.2 en BA.5)

Met de bovenstaande uitgangspunten komen we op een drietal versoepelingsmomenten voor grootschalige evenementen die we in deze studie verder zullen analyseren. In Tabel 2-2 zijn drie versoepelingsmomenten gegeven waar in deze studie nader naar gekeken zal worden. In Figuur 2-1 zijn de drie versoepelingsmomenten weergegeven in de tijd met daarin het verloop het reproductiegetal en de strengheidsindex die een beeld geeft van de maatregelen die tijdens de pandemie van kracht waren. Daarnaast is het aandeel van verschillende drie virus varianten gegeven: de Alpha, Delta en Omikron varianten die tijdens de pandemie een bepaalde periode dominant waren. Deze data is afkomstig van wekelijkse aselechte steekproeven uit kiemsurveillance.



Figuur 2-1: Boven het reproductiegetal (blauw lijn) met 95% predictie intervallen en de strengheidsindex (oranje lijn). Onder de dominante virus varianten (aandeel van het totaal) gedurende pandemie. Verloop van de vaccinatiegraad op basis van geregistreerde aantallen in CIMS (COVID-vaccinatie Informatie- en Monitoringsysteem).

Wanneer een persoon ziek wordt door het coronavirus wordt meestal afweer tegen het virus opgebouwd. Ook met een vaccinatie tegen het coronavirus worden antistoffen tegen het virus

aangemaakt in het lichaam. De afweer van het virus zal met verloop van tijd weer afnemen. Daarom kunnen nieuwe besmettingen voorkomen. In januari van 2021 ging de vaccinatiecampagne tegen het coronavirus van start. In Nederland zijn vier vaccins gebruikt: Pfizer, Moderna, AstraZeneca en Janssen. Bij het Janssen vaccin was één dosis voldoende en de vaccins van de andere fabrikanten kwamen in twee vaccindoses. Na de eerste vaccinatieronde, de basisserie, kwamen nog een boosterprik (vanaf 18 november 2021) en een herhaalprik beschikbaar.

2.3. Periode rond eerste versoepelingsmoment (M1)

Voor de situatie rondom het eerste versoepelingsmoment beschrijven we de periode van 28 april 2021 tot en met 25 september 2021. Na de avondklok en lockdown van begin 2021 liep de druk op de zorg terug en krijgen steeds meer mensen een vaccinatie. Daarom kondigt het kabinet een openingsplan aan waarin verschillende versoepelingen in vier stappen in zullen gaan.

- **Stap 1: Winkels en terrassen deels open en het einde van de avondklok.**
De eerste stap van het openingsplan werd gezet op 28 april. Hierbij vervalt de avondklok, gaat het aantal personen dat je thuis mag ontvangen naar 2 en gaan terrassen en winkels onder voorwaarden open. Terrassen kunnen open van 12:00 tot 18:00 met maximaal 50 personen en twee personen per tafel op 1,5 m, tenzij uit eenzelfde huishouden.
- **Stap 2: Sportscholen open en meer mogelijk in de buitenlucht.**
Deze stap ging in op 19 mei. Sporten wordt weer mogelijk, waarbij binnen en buiten sporten verschillende regels hebben. Recreatie buiten kan weer onder voorwaarden. Daaronder vallen o.a. attractieparken, natuurparken en kinderboerderijen. Kunst en cultuur buiten mag ook weer onder voorwaarden. Podiumkunsten en filmvertoningen gaan open voor maximaal 30 personen die 1,5 m afstand houden met een verplichte reservering. Openluchtmusea, beeldentuinen en openluchtmonumenten gaan open onder voorwaarde van 1 persoon per 10 vierkante meter. Terrassen mogen open van 06:00 tot 20:00, met dezelfde voorwaarden als stap 1. Alle contactberoepen zijn weer toegestaan.
- **Stap 3: Open, tenzij.**
Op 5 juni ging deze stap in. Thuisbezoek gaat van 2 naar 4 personen. Maximale groepsgrootte buiten gaat naar 4 personen. Voor werken verandert het advies licht, samenkomsten van teams voor training, ontwikkeling en scholing zijn toegestaan. Er komt een uitzondering voor samenkomst binnen. Het maximum aantal bezoekers blijft 50 personen op 1,5 m afstand, maar voor grote zalen (binnen en buiten) geldt nu een uitzondering. Dit zijn zalen met 1000 of meer zitplaatsen en daarvoor geldt nu een maximum groepsgrootte van 250 personen op 1,5 meter afstand. Verder gaan verruimingen in voor culturele instellingen, recreatie, sport en horeca. De horeca krijgt verruimde openingstijden van 06:00 tot 22:00, waarbij een vaste zitplaats nog steeds verplicht is. Winkels gaan weer open onder reguliere openingstijden.
- **Stap 4: Open met het coronatoegangsbewijs.**
De laatste stap van het openingsplan gaat in op 26 juni. Hierbij gaan alle deuren open met de 1,5 meter regel nog steeds als norm. Met een coronatoegangsbewijs zijn evenementen nu zonder 1,5 meter regel toegestaan. Er gelden geen beperkingen meer voor thuisbezoek en groepsvorming. Het advies voor thuiswerken wordt aangepast. Werknemers mogen in overleg met de werkgever maximaal de helft van de tijd naar kantoor. Horeca gaat weer open met reguliere openingstijden.

- **Opening grootschalige evenementen:** Op 30 juni 2021 kunnen grote evenementen doorgaan zonder vaste zitplaats.

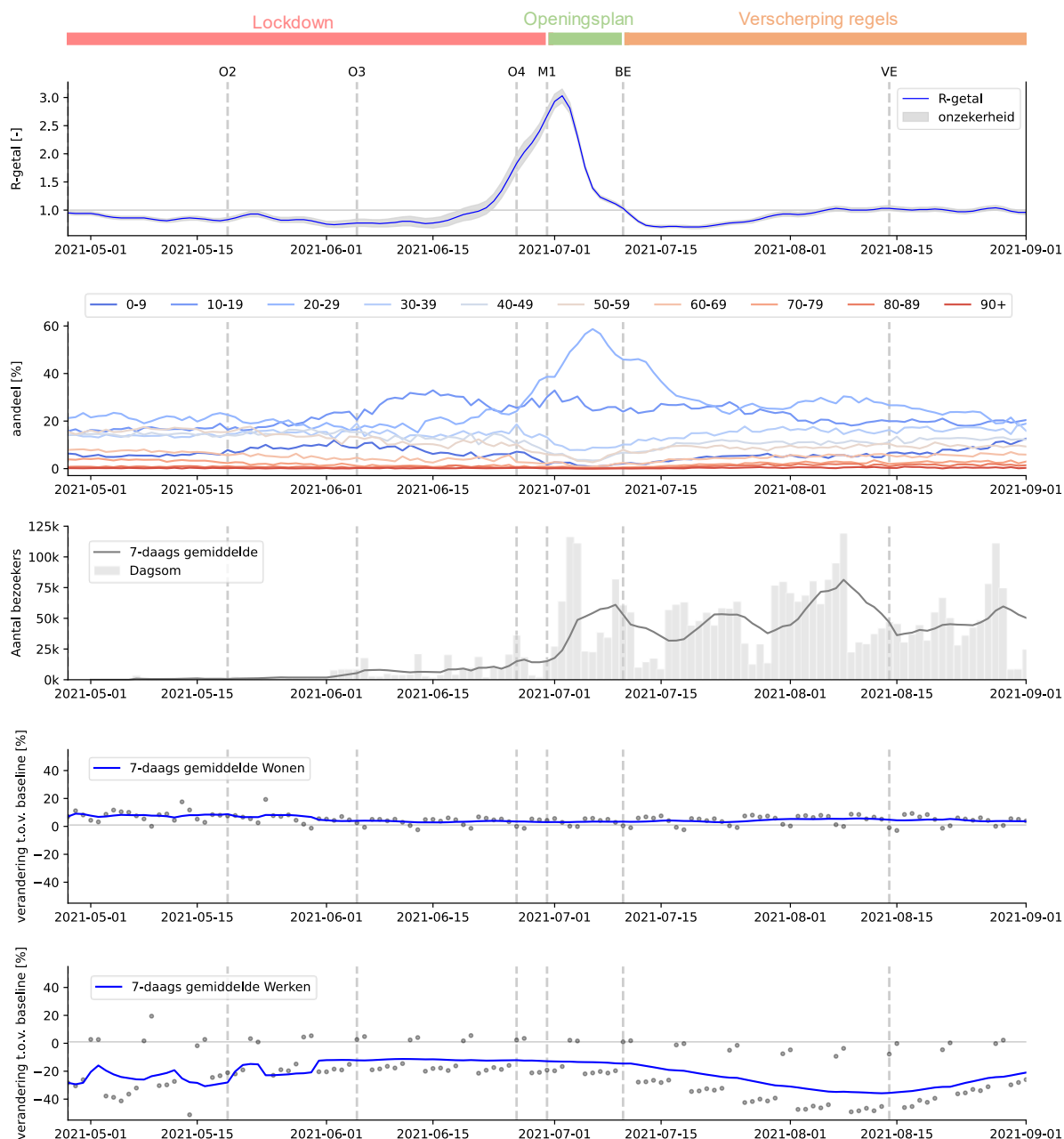
Na invoering van het openingsplan volgt een zomer met wisselend beleid, door versoepelingen en versoepelingen van maatregelen in te voeren. Er werd ingezet op het verhogen van de vaccinatiegraad door het Jansen vaccin te promoten bij met name jongeren. Met dit vaccin, waar een enkele dosis volstaat, kon direct een toegangsbewijs worden aangevraagd. Daardoor ontstond de mogelijkheid om het vaccin te nemen en op dezelfde dag toegang te krijgen tot het uitgaansleven. Echter, bescherming door het vaccin treedt niet direct op na toediening van de prik. Optimale bescherming wordt pas bereikt na 28 dagen. De positieve testen namen toe en deze periode is later bekend geworden onder de naam Dansen met Janssen en de Discogolf.

- **Beperkingen voor evenementen:** Door olopende positieve testen worden er maatregelen genomen op 10 juli. Evenementen kunnen alleen weer met vaste zitplaats bij laten zien van coronatoegangsbewijs.
- **Versoepelingen voor evenementen.** Op 14 augustus worden versoepelingen doorgevoerd die kleinschalige evenementen tot 750 bezoekers weer toestaan zonder vaste zitplaats (uitzonderingsregel). Bezoekers moeten wel nog een coronatoegangsbewijs laten zien. Voor grote buitenlocaties geldt dat zij twee derde van hun reguliere capaciteit kunnen gebruiken, ook als dit betekent dat er meer dan 750 personen aanwezig kunnen zijn. Een coronatoegangsbewijs is dan nodig om de anderhalve meter afstand los te laten. Binnen geldt dat met een coronatoegangsbewijs twee derde van de reguliere capaciteit gebruikt kan worden met vaste zitplaats. Er hoeft geen anderhalve meter afstand gehouden te worden.

Tabel 2-3: Overzicht van maatregelen/versoepelingen in de periode 28 april 2021 tot en met 25 september 2021.

Datum van ingang	Afkorting	maatregel/versoepeling	Beschrijving
28-04-2021	O1	Stap 1 openingsplan	Vervallen van avondklok. Verruiming thuisontvangst, winkels en terrassen.
19-05-2021	O2	Stap 2 openingsplan	Versoepelingen rondom sport, recreatie, kunst & cultuur, terrassen en contactberoepen.
05-06-2021	O3	Stap 3 openingsplan	Versoepelingen rondom thuisbezoek, en groepsgrootte buiten. Daarnaast verruiming openingstijden horeca en winkels.
26-06-2021	O4	Stap 4 openingsplan	Geen beperkingen thuisbezoek en groepsvorming. Reguliere openingstijden horeca en vervallen 1,5m regel met het coronatoegangsbewijs.
30-06-2021	M1	Opening evenementen	Opening grootschalige evenementen zonder vaste zitplaats met coronatoegangsbewijs.
10-07-2021	BE	Beperking evenementen	Opnieuw vaste zitplaats en 1,5m regel.
14-08-2021	VE	Versoepeling evenementen	Enkele versoepelingen voor kleinschalige evenementen.

Figuur 2-2 geeft het reproductiegetal voor de eerste onderzoeksperiode. Hierin valt op dat het reproductiegetal vanaf halverwege juni begint toe te nemen en een piek bereikt van ongeveer $R=3$ rond 1 juli van 2021. De periode met de stijging in het R-getal zet in wanneer de maatregelen van stap 3 van het openingsplan van kracht zijn. Een reproductiegetal van 3 betekent dat iemand die besmet is met corona gemiddeld genomen drie anderen besmet.



Figuur 2-2: Grafiek die het reproductiegetal weergeeft met onzekerheidsbanden, grafiek met percentage aandeel leeftijdscategorie, grafiek met aantal bezoekers, en grafieken veranderingen t.o.v. baseline wonen en werken.

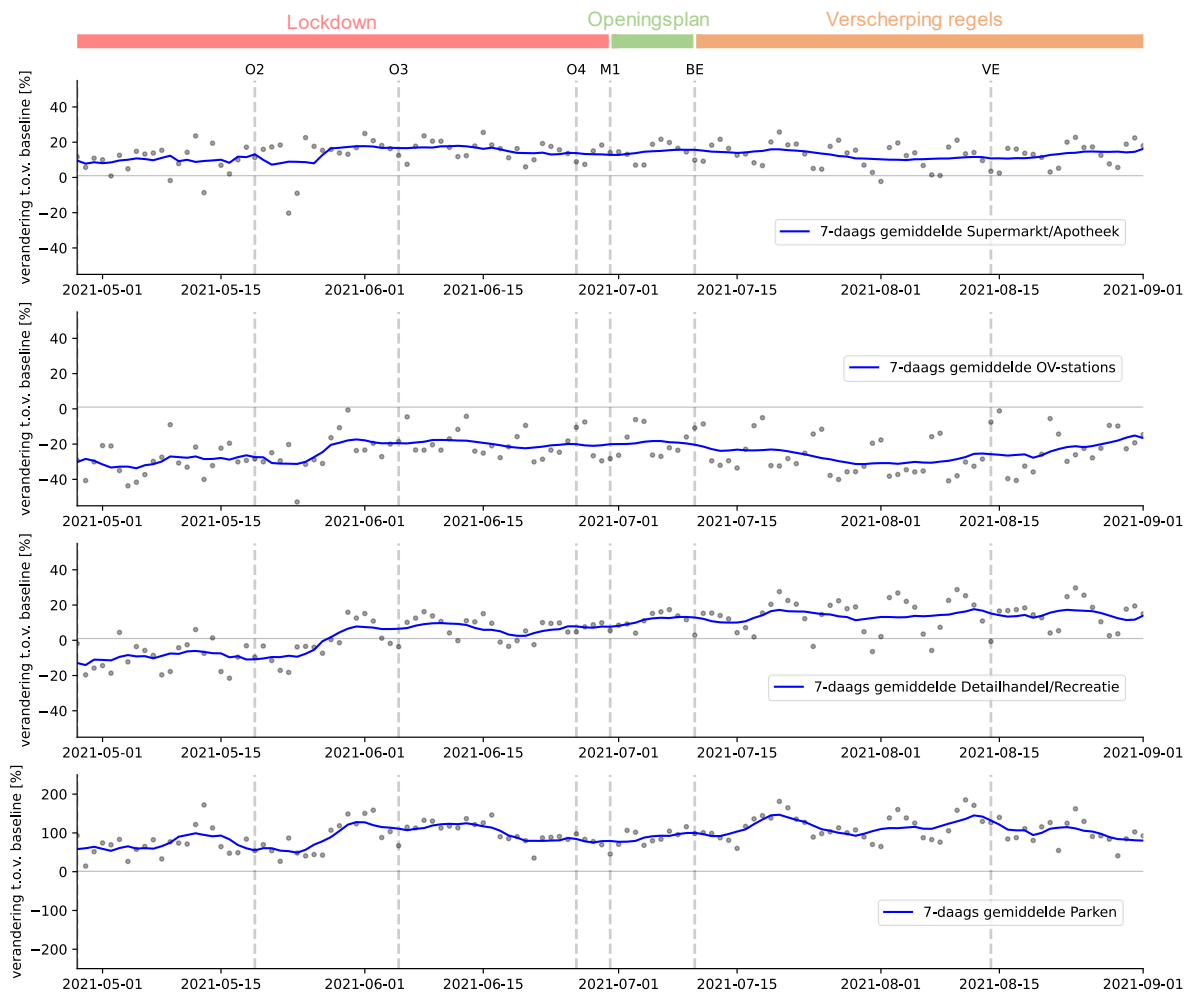
Figuur 2-2 toont ook de verdeling van de aantallen positieve testen per leeftijdscategorie. Hierin valt op dat in de laatste stappen van het openingsplan de positieve testen vooral onder jongeren in de leeftijdscategorie 20-29 jaar oploopt. We zien geen significante stijgingen in oudere leeftijdsgroepen in de periode na de piek. Een tweede orde effect, waarbij jongeren de ouderen aansteken met het virus, lijkt hier mee te vallen.

Na de laatste stap van het openingsplan die op 26 juni ingaat konden evenementen weer plaatsvinden met het coronatoegangsbewijs. In de onderstaande grafiek is het aantal bezoekers van evenementen weergegeven in de dataset die in dit onderzoek is gebruikt voor de onderzoeksperiode. Hierin is te zien dat het aantal bezoekers tussen 30 juni (M1) en 10 juli (BE) gestegen is ten opzichte van de periode daarvoor. Dit valt te verklaren door het opengaan van cultuur evenementen buiten. Vanaf week 26 is het aantal verder toegenomen door invoering van de laatste stap van het openingsplan. Het aantal neemt dan geleidelijk toe.

Grootschalige evenementen hebben tijd nodig voor onder andere kaartverkoop en organisatie. Daarom volgen deze met een vertraging ten opzichte van het opengaan van de samenleving in de laatste stap van het openingsplan. De vertragingstijd wordt door experts geschat op ongeveer drie weken.

In het onderstaande figuur zijn gegevens weergegeven die de verandering in mobiliteit aangeven ten opzichte van een baseline. Deze baseline is een situatie van voor de pandemie. De gegevens laten zien of mensen meer of minder thuiszitten of gebruik maken van het openbaar vervoer. Die gegevens kunnen invloed hebben op de verspreiding van het virus.

De eerste mobiliteitsparameter die wordt getoond is de verandering in mobiliteit in wonen en werken. Tijdens deze onderzoeksperiode de mobiliteitsparameter werken voor een groot gedeelte onder de nul. Dat wil zeggen dat minder mensen naar werk gingen en bijvoorbeeld vaker thuis werken. In het signaal is ook een verandering in werkweek en weekend te zien. In het weekend is de mobiliteit naar werk nagenoeg nul en dus gelijk aan de periode van voor de pandemie.



Figuur 2-3: Grafieken van de percentuele verandering van mobiliteitsparameters 'Supermarkt/Apotheek' en 'OV-stations' ten opzichte van de baseline.

Hieronder is de mobiliteitsparameter weergegeven voor gebruik van het openbaar vervoer. Te zien is dat deze vooral negatieve waarden laat zien wat betekent dat deze onder de baseline ligt. Minder mensen maken in deze onderzoeksperiode gebruik van openbaar vervoer dan ten opzichte van voor de pandemie. Er is ook een werkweek-weekend patroon te zien. Aan het einde van de onderzoeksperiode neemt het gebruik van openbaar vervoer toe.

2.4. Periode rond tweede versoepelingsmoment (M2)

De tweede onderzoeksperiode die wordt bekeken in deze studie loopt van september tot en met december van 2021. In deze periode zijn door olopende cijfers meer maatregelen ingevoerd. Hieronder een overzicht van de maatregelen die in deze onderzoeksperiode vielen:

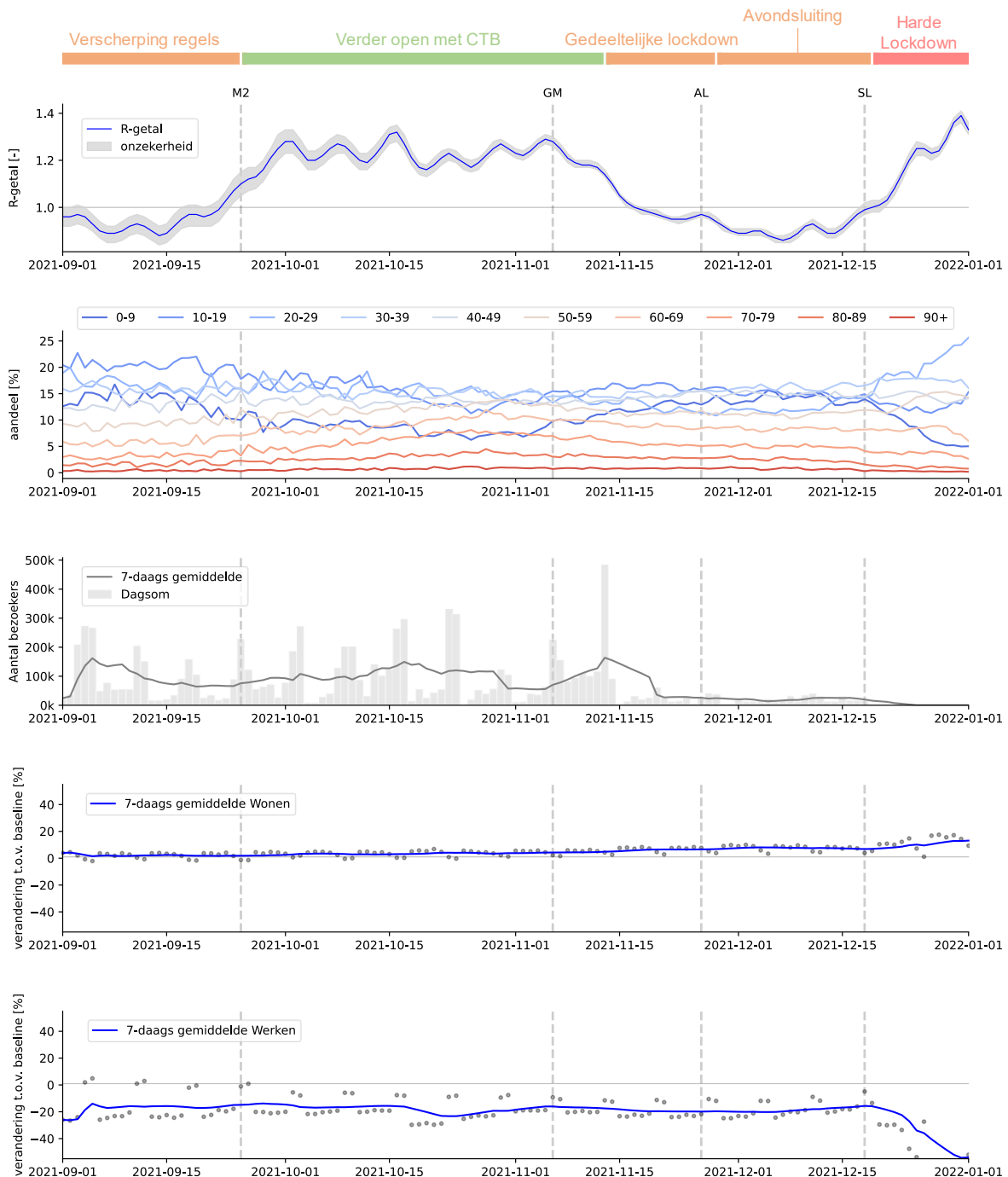
- **Vervallen 1,5 meter regel:** Op 25 september gaat een aantal versoepelende maatregelen in waarvan de belangrijkste het vervallen van de 1,5 meter afstand regel is. Met het corona toegangsbewijs is de horeca binnen op maximale capaciteit open. Wel geldt een sluitingstijd tussen 00:00 en 06:00 uur. Evenementen binnen zonder vaste zitplaats worden op maximaal 75% van de reguliere bezoekerscapaciteit toegestaan. Daarnaast mag weer op kantoor gewerkt worden als dat nodig is en zijn er versoepelingen voor maximale groepsgrootte en mondkapjesplicht in het onderwijs.

- **Strengere generieke beperkingen:** De besmettingen lopen op in alle regio's, settingen en leeftijdsgroepen en daarom zet het kabinet generieke maatregelen in om contacten zoveel mogelijk te voorkomen. Vanaf 3 november moet weer minimaal de helft van de werkdag thuis worden gewerkt. Vanaf 6 november geldt het coronatoegangsbewijs op meer plekken.
- **Gedeeltelijke lockdown:** Op 13 November gaat een gedeeltelijke lockdown in. Horeca mag minder lang open, tot 20:00 uur, en ook winkels moeten eerder sluiten. Niet-essentiële winkels sluiten om 18:00 uur en essentiële winkels om 20:00 uur. Daarnaast wordt dringend verzocht om thuis te werken, tenzij het niet anders kan en wordt geadviseerd om 1,5 meter afstand te houden.
- **Avondlockdown:** Op 28 november gaat de avondlockdown in, waarbij bijna alles om 17:00 uur dicht gaat. Hieronder valt ook amateursport (wedstrijden en trainingen) en evenementen. Iedereen van 18 jaar of ouder moet 1,5 meter afstand houden en het mondkapje moet gedragen worden op vaste zitplekken en overdekte plekken waar doorheen gelopen wordt.
- **Strengere lockdown:** Na de avondlockdown wordt besloten om een strengere lockdown in te voeren vanaf 18 december.

Tabel 2-4: Overzicht van maatregelen/versoepelingen in de periode van 25 september 2021 tot en met 1 januari 2022.

Datum van ingang	Afkorting	Maatregel	Beschrijving
25-09-2021	M2	Versoepeling 1,5 m regel	Horeca op maximale capaciteit en evenementen toegestaan met het coronatoegangsbewijs.
06-11-2021	GM	Generieke maatregelen	Horeca en winkels eerder dicht. Dringend thuiswerkadvies en advies 1,5m afstand.
13-11-2021	GL	Gedeeltelijke lockdown	Minder thuisontvangst. Verplichting 1,5 meter afstand terug. Verplichte zitplaats. Winkels en horeca eerder dicht.
28-11-2021	AL	Avond lockdown	Alle locaties eerder dicht (op essentiële winkels en dienstverlening na). Amateursport in avond niet meer toegestaan.
18-12-2021	SL	Strengere lockdown	Advies: zoveel mogelijk thuis en werk thuis. Minder thuisontvangst. Meeste winkels en locaties dicht. Sportlocaties dicht.

Het verloop van het reproductiegetal is weergegeven in Figuur 2-4. Hierin valt op dat deze voor de periode vanaf eind september tot en met halverwege november boven de 1 ligt, wat betekent dat de verspreiding van het virus toeneemt. Na deze periode daalt het R getal tot ongeveer 0.9 in december en vervolgens treedt weer een stijging op richting het einde van het jaar.

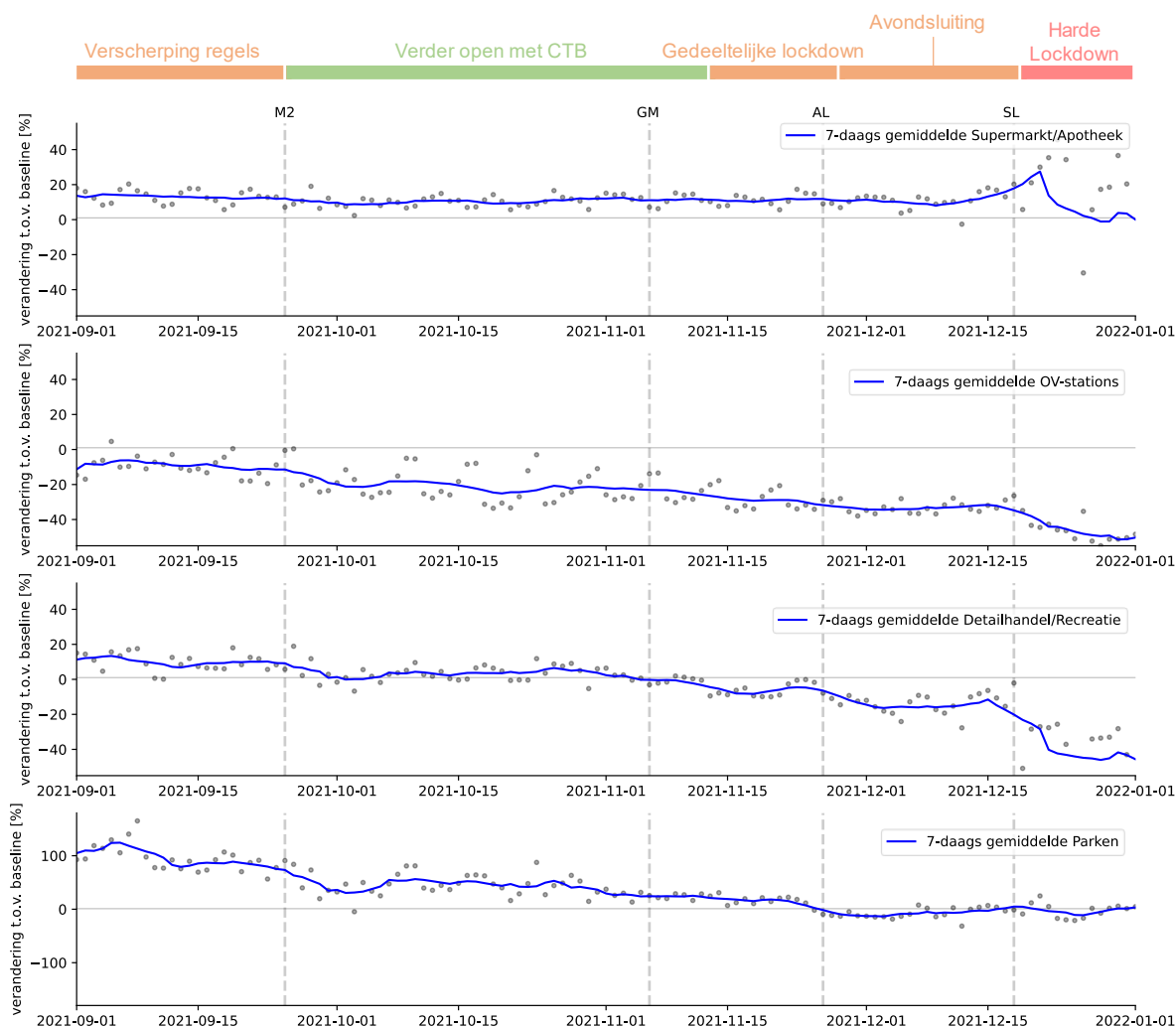


Figuur 2-4: Grafiek die het reproductiegetal weergeeft met onzekerheidsbanden.

De tweede grafiek geeft de verdeling van de positieve gevallen over de leeftijdsgroepen weer. Hierin is te zien dat het aandeel van jongere leeftijdsgroepen het grootst is. Verder zien we geen duidelijke veranderingen in de trends over deze periode.

De aantallen bezoekers van evenementen zien we min of meer gelijk blijven over de periode september tot halverwege november. Daarna zien we een duidelijke afname als gevolg van het in gang treden van de maatregelen van de gedeeltelijke lockdown.

In de onderstaande figuren zijn mobiliteitscijfers weergegeven. Uit de trendlijn blijkt dat de verandering rond het versoepelingsmoment voor evenementen voor beide beperkt zijn. In het najaar gaan we richting een strenge lockdown en zien we een stijging bij wonen en een lichte daling in de trend van werken. De veranderingen ten opzichte van de baseline voor de plaatscategorieën supermarkten en apotheken en OV-stations laat zien dat de trend min of meer constant is, met uitzondering van de periode rond kerst en de jaarwisseling. We zien een daling in de mobiliteit rond OV-stations, die ongeveer inzet rond het versoepelingsmoment.



Figuur 2-5: Grafieken van de percentuele verandering van mobiliteitsparameters 'Supermarkt/Apotheek' en 'OV-stations' ten opzichte van de baseline.

2.5. Periode rond het derde versoepelingsmoment (M3)

In deze periode valt de opkomst van de Omikron variant en de besmettingsgolf in het begin van 2022. Het ziektebeeld van deze variant was onduidelijk en daarom is door het kabinet een harde lockdown ingevoerd op 19 december 2021. Daarnaast leek de Omikron variant besmettelijker te zijn en ook was er al een piek in ziekenhuisbezetting door de Deltavariant. De snelle verspreiding zou kunnen leiden tot overschrijding van de ziekenhuis capaciteit. Ook speelde de gedachte 'tijd te kopen' voor de boostercampagne mee. In januari van het volgende jaar zijn versoepelingen aangekondigd die in vier stappen doorgevoerd werden:

- **Open, tenzij.** Op 26 januari gaan versoepelingen in voor de openingstijden op alle locaties, namelijk van 05:00 tot 22:00 uur en het advies van 1,5 meter afstand. Het thuisbezoek is maximaal 4 personen per dag. Evenementen zonder vaste zitplaats zijn nog niet toegestaan. Het advies is thuis te werken tenzij dat niet kan. Grote evenementen (met meer dan 1250 bezoekers) zijn, met vaste zitplaats, alleen buiten toegestaan. Er gaan versoepelingen in rond quarantaine.
- **Ander advies.** Deze stap gaat in op 15 februari. Advies voor thuisbezoek niet meer dan 4 mensen verval. Het advies voor thuiswerken wijzigt naar maximaal de helft van de werktijd op kantoor.
- **Meer open.** Deze stap gaat in op 18 februari. Alle locaties in het land gaan weer open tot 01:00. Het CTB (3G) blijft tot 25 februari
- **Laatste stap.** Op 25 februari gaat de laatste stap in. Er gelden weer normale openingstijden en het CTB verdwijnt op locaties waar minder dan 500 mensen binnen zijn. De verplichte 1,5 m afstand verdwijnt. Het dragen van een mondkapje bij verplaatsing in de horeca, in het onderwijs en in winkels verval.

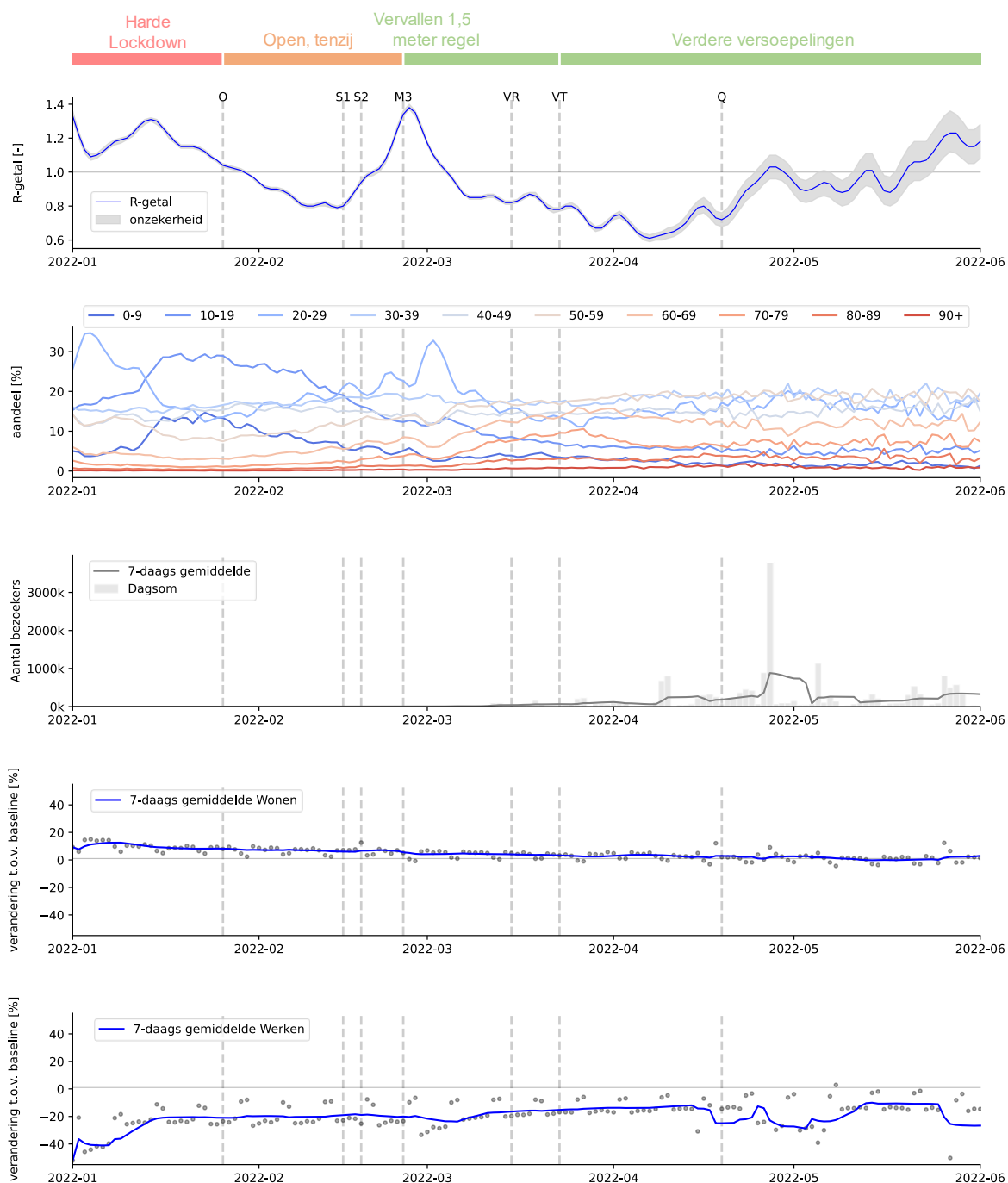
In Tabel 2-5 is een overzicht gegeven van de maatregelen rondom het versoepelingsmoment.

Tabel 2-5: Overzicht van maatregelen in de periode rond versoepelingsmoment M3.

Datum van ingang	Afkorting	Maatregel/versoepeling	Beschrijving
10-01-2022	SO	Scholen open	Basis- en voortgezet onderwijs gaan open.
17-01-2022	EL	Einde lockdown	Niet-essentiële winkels onder voorwaarden open tot uiterlijk 17:00 uur.
26-01-2022	OT	Open, tenzij	Onderwijsinstellingen gaan open. Ruimere openingstijden (tot 22:00) op bijna alle locaties.
15-02-2022	S1	Stap 1 openingsplan	Meer thuisbezoek mogelijk, verruiming kantoorbezoek.
18-02-2022	S2	Stap 2 openingsplan	Ruimere openingstijden (tot 01:00). Versoepeling op CTB locaties.
25-02-2022	M3	Stap 3 openingsplan waaronder evenementen	Normale openingstijden. Geen CTB nodig. Geen vaste zitplaats.
15-03-2022	VR	Versoepeling regels (worden advies)	Advies rond thuiswerken, zelftesten in het onderwijs en preventief zelftesten vervallen.
23-03-2022	VT	Versoepeling testen (1G)	Geen testen voor toegang meer.
19-04-2022	Q	Quarantaine regel verval	Quarantaineregels vervallen

Figuur 2-6 laat het reproductiegetal zien vanaf begin januari tot en met mei. Hierin zien we het R-getal halverwege januari een daling inzet tot onder de 1. In februari gaan de versoepelingen van het openingsplan in (S1 en S2) en tussen die twee momenten zien we het reproductiegetal weer toenemen. Een piek wordt bereikt net na het versoepelingsmoment voor evenementen (M3), daarna neemt het weer af. Halverwege april zien we dat de onzekerheidsbanden iets groter worden,

waarschijnlijk doordat er minder getest wordt en minder mensen in het ziekenhuis en op de intensive care liggen.



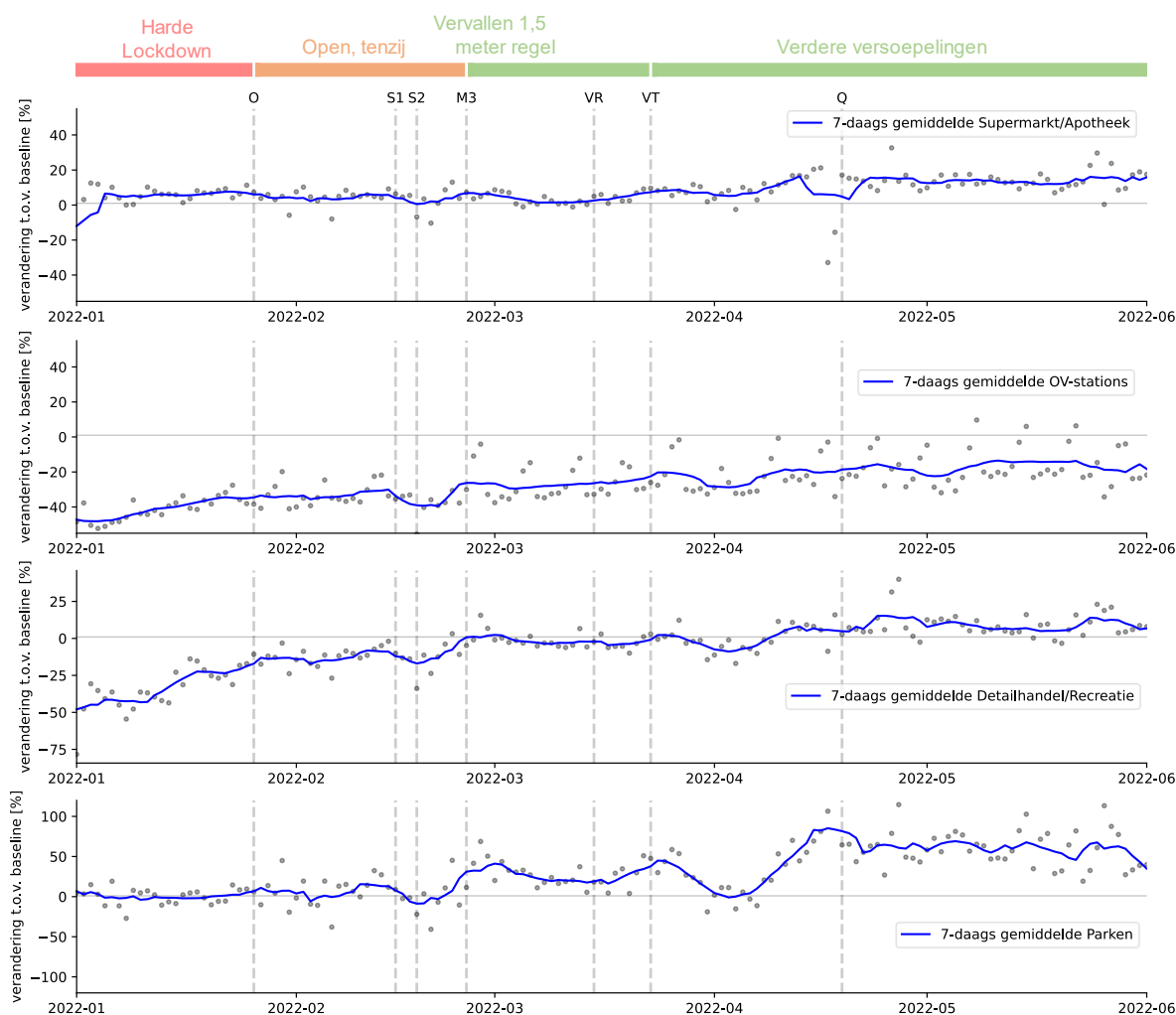
Figuur 2-6: Grafiek die het reproductiegetal weergeeft met onzekerheidsbanden.

Wanneer gekeken wordt naar de verdeling van het aantal positieve testen over verschillende leeftijdscategorieën dan valt op dat een toename te zien is voor personen in de groep 20-29 jaar. Na deze piek lijken de besmettingen in de leeftijdsgroep 60-69 en 70-79 licht te stijgen. Er zijn dalingen zichtbaar in de leeftijdscategorie 0-9 jaar en 10-19 jaar. De verandering in verplaatsingsgedrag voor de plaatscategorieën wonen en werken is ook in de bovenstaande grafiek te zien. Hier valt vooral te zien dat het de percentuele verandering voor wonen langzaam afneemt. De percentuele verandering ten opzichte van een baseline van voor de pandemie verdwijnt en daarmee lijken we terug naar de

'normale' situatie te gaan. Werken blijft min of meer constant over de periode vanaf de tweede week van januari.

Tijdens de lockdown in December zijn evenementen geheel niet toegestaan. Dit is terug te zien in het verloop van de aantallen bezoekers over de onderzoeksperiode. Pas vanaf eind maart neemt het aantal bezoekers op evenementen toe. Er is een piek te zien op 27 april, Koningsdag.

In de onderstaande grafieken zijn enkele mobiliteitsparameters gegeven voor de periode rond het laatste versoepelingsmoment. We zien een lichte toename in de trend voor bezoek van supermarkten en apotheken. In de onderste figuur zien we dat ook de mobiliteit op OV-stations toeneemt in de tijd van begin van het jaar tot het einde van de periode. Mobiliteit van detailhandel en recreatie neemt toe na de lockdown. Ten slotte brengen mensen meer bezoeken aan parken en zien we een sterke toename rond begin april.



Figuur 2-7: Grafieken van de percentuele verandering van mobiliteitsparameters 'Supermarkt/Apotheek' en 'OV-stations' ten opzicht van de baseline.

3. Correlatie analyse

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de correlatie analyse besproken. Als laatste volgt eenzelfde analyse voor perioden met een toe- en afname van het reproductiegetal.

3.1. Aanpak analyse

Correlatie is een maatstaf die de richting en kracht van de samenhang tussen twee variabelen weergeeft. De waarde van de correlatiecoëfficiënt varieert van -1 tot 1. Een positieve waarde van de correlatiecoëfficiënt geeft aan dat er een positieve lineaire relatie is, dat wil zeggen dat een toename van de ene variabele gepaard gaat met een toename van de andere. Een negatieve waarde geeft aan dat er een negatieve lineaire relatie is. We kunnen de sterkte als volgt typeren:

- 0.2 tot 0: Verwaarloosbaar
- 0.4 tot 0.2: Zwak
- 0.7 tot 0.4: Gematigd
- 0.9 tot 0.7: Sterk
- 1.0 tot 0.9: Erg sterk

Bij tijdreeksen moet voorzichtig met de resultaten van een correlatieanalyse worden omgegaan omdat toevallige correlaties kunnen worden teruggevonden. Een hoge correlatiecoëfficiënt betekent niet dat er een causaal verband is tussen de variabelen. Er zijn verschillende correlatiecoëfficiënten waaronder:

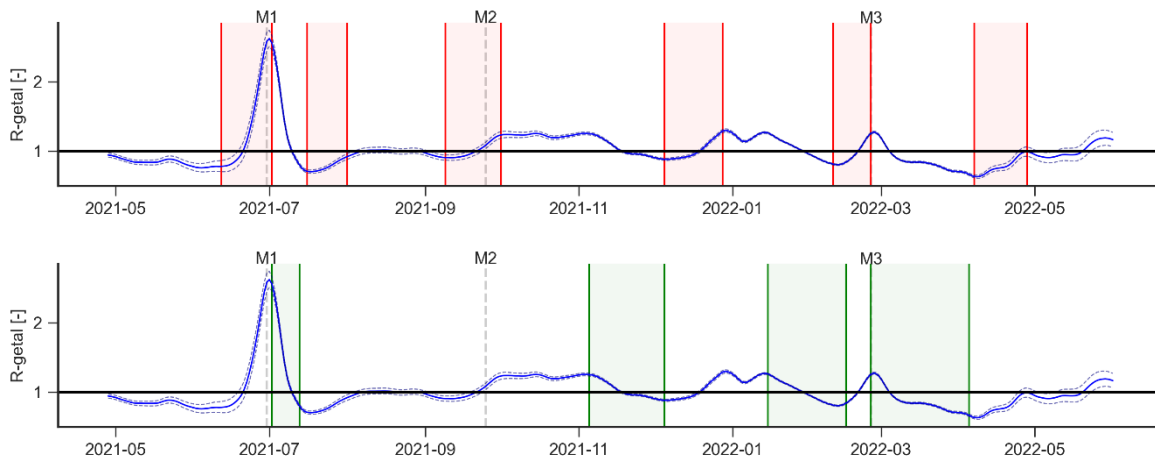
1. de Pearson correlatiecoëfficiënt (r) die de lineaire correlatie tussen twee variabelen meet. Dat betekent dat verandering in één van de variabelen samengaat met een proportionele verandering van de ander.
2. De Spearman's rang correlatiecoëfficiënt (r_s) geeft aan in hoeverre de relatie tussen twee variabelen met een monotone functie kan worden beschreven. Met andere woorden, wanneer de een toeneemt neemt de ander dan toe of af. Het is een verdelingsvrije maat voor correlatie in tegenstelling tot Pearson's r die uitgaat van normaal verdeelde variabelen. Spearman's r_s is ook robuuster tegen uitschieters in de data.

Om de gevoeligheid van de correlaties te onderzoeken bekijken we de reactie op de middelingsperiode en de tijdsverschuiving.

- Tijdsverschuiving: De verschuiving in de tijd. De verschuiving variëren we van 2 dagen vooruit tot 7 dagen terug.
- Middelingsperiode: Dit is de periode waarover een terugkijkende gemiddelde wordt bepaald. De waarde van deze periode variëren we van 1 tot 14 dagen.

3.2. Perioden van toename en afname R-getal

In de onderstaande analyse kijken we naar perioden van stijgingen en dalingen in het reproductiegetal. We selecteren de datapunten om vervolgens correlaties te bepalen. Figuur 3-1 geeft de perioden weer die zijn geselecteerd voor de toename (rood) en afname (groen) in het R-getal. In de rode perioden nam de besmettelijkheid van het virus toe en in de groene periode nam deze af.



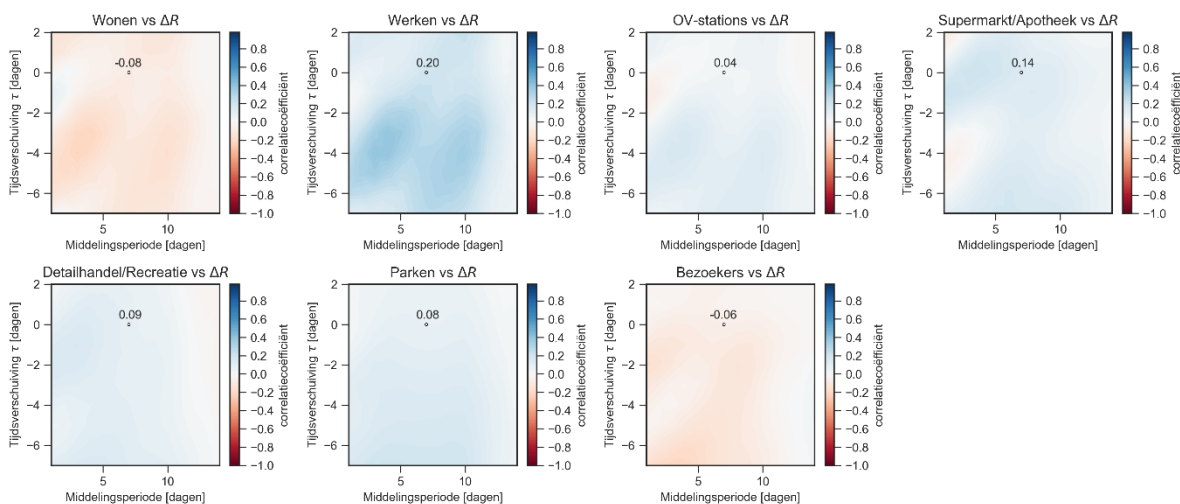
Figuur 3-1: Perioden van toename in het reproductiegetal (rood) en afname in het reproductiegetal (groen).

3.2.1. Stijging van het reproductiegetal

Disclaimer

De gevonden correlatie coëfficiënten geven geen conclusies over oorzaak-gevolg relatie tussen variabelen. Er zijn andere factoren die het gevonden verband beïnvloeden en daarom moeten de resultaten van de correlatieanalyse voorzichtig worden geïnterpreteerd.

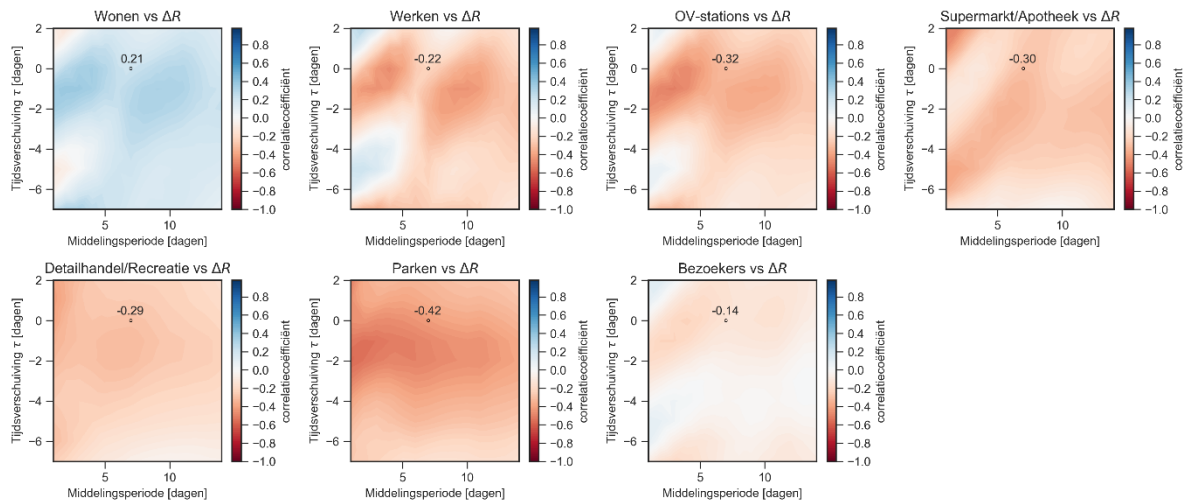
Figuur 3-2 geeft de correlaties weer die zijn gevonden voor de perioden met een toename in het R-getal. Hierin zien we dat de correlaties erg klein zijn. Alleen voor werken en wonen zien we dat de correlaties wat toenemen bij een tijdsverschuiving van ongeveer 4 dagen. Hierbij vinden we voor wonen negatieve correlaties met de verandering in het R-getal en voor werken positieve correlaties. Gevonden correlaties over het algemeen laag (kleiner of gelijk aan 0.20). Voor wonen en werken vinden we omgekeerde correlaties. Werken lijkt het sterkst positief gecorreleerd met toename in het R-getal.



Figuur 3-2: Correlaties als functie van de middelingsperiode (horizontale as) en fasevertraging (verticale as) voor periode met toename in het reproductiegetal.

3.2.2. Daling van het reproductiegetal

Figuur 3-3 geeft de correlaties die worden gevonden voor de perioden met dalingen in het R-getal. We zien voor wonen en werken een omgekeerde correlatie met veranderingen in het R-getal (ΔR). Waarbij wonen positief correleert en werken negatief. Het correlatiepatroon van OV-stations met ΔR is vergelijkbaar als dat van werken met ΔR .



Figuur 3-3: Correlaties als functie van de middelingsperiode (horizontale as) en fasevertraging (verticale as) voor periode met afname in het reproductiegetal.

4. Discussie & conclusies

4.1. Discussie

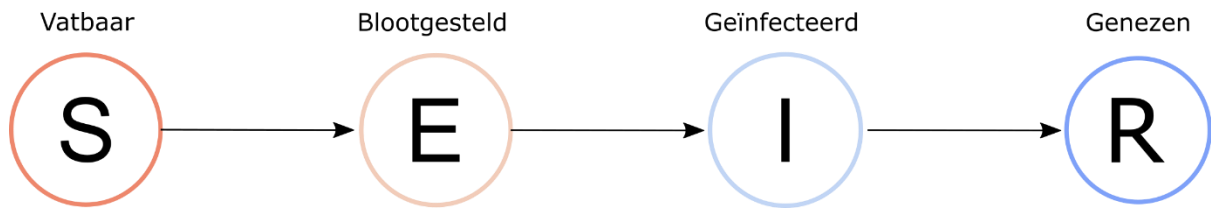
In dit onderzoek is gekeken naar de effecten van het versoepelen van maatregelen voor grootschalige evenementen zoals sportevenementen, concerten en festivals tijdens de coronapandemie. Het reproductiegetal, gerapporteerd door het RIVM, is gekozen als maat voor de verspreiding van het coronavirus. Voor de analyse hebben we ingezoomd op de perioden rondom drie versoepelingsmomenten (30 juni 2021, 25 september 2021 en 25 februari 2022). Voor die perioden is een overzicht gemaakt van de maatregelen en zijn er visuele trends gemaakt van verzamelde data waaronder het reproductiegetal, aantallen bezoekers op evenementen en gegevens van verplaatsingsgedrag. Daarnaast is gekeken naar correlaties (lineaire verbanden) tussen de genoemde variabelen om te onderzoeken of er een drijvende kracht achter de schommelingen in het reproductiegetal is aan te wijzen.

Bij het inzoomen op de perioden rondom de drie versoepelingsperioden is de belangrijkste bevinding dat het reproductiegetal al voor deze versoepelingsmomenten, en voor opschalen van evenementen dat vaak nog een langere voorbereidingstijd vraagt, begonnen was aan een stijging. Dat kan komen door de eerdere versoepelingen van de maatregelen voor andere sectoren of locaties dan evenementen. Die versoepelingen kwamen enkele weken eerder dan de versoepelingen voor evenementen. Bij M1 en M3 zien we een daling in de waarde van het reproductiegetal in de perioden van de versoepeling. Dat is opvallend omdat publieke evenementen bijdragen aan verspreiding van het virus waardoor je een toename zou verwachten. Anders geredeneerd kan ook, de daling had nog groter kunnen zijn als er geen evenementen waren. Na versoepelingsmoment M2 blijft het reproductiegetal nog even toenemen. We zien dat er geen versnelling van die toename (afgeleide) optreedt.

Dat we het effect van het openen van evenementen niet duidelijk terug zien in de cijfers van het reproductiegetal kan verschillende redenen hebben, hieronder noemen we twee effecten die hierin een rol kunnen spelen.

De afname van het reservoir aan vatbare individuen

Een SEIR model is een wiskundig model dat wordt gebruikt om de verspreiding van een virus te modelleren. Daarbij worden individuen in een populatie in vier categorieën worden verdeeld: vatbaar (S voor susceptible), blootgesteld (E voor exposed), geïnfecteerd (I voor infected) en hersteld (R voor recovered). De overgang van vatbaar naar blootgesteld wordt gemodelleerd door de kans op virusoverdracht. Deze kans hangt af van factoren zoals het aantal contacten per tijdseenheid, de virusvariant en het aantal geïnfecteerde personen in verhouding tot de totale populatie. Bij een besmetting gaat een individu van vatbaar (S) naar de categorie blootgesteld (E). De persoon is dan besmet met het virus maar kan dat nog niet overdragen. Na de incubatietijd gaat de persoon van blootgesteld naar de categorie geïnfecteerd (I) en is op dat moment wel besmettelijk, ook wanneer er geen klachten zijn (asymptomatische gevallen). Ten slotte zal er na verloop van tijd herstel optreden en treden personen toe tot de categorie genezen (R). Er is dan bescherming tegen het virus opgebouwd via antistoffen (ook vaccins kunnen enige extra bescherming bieden tegen besmetting). Figuur 4-1 heeft het model schematisch weer.



Figuur 4-1: Schematische weergave SEIR model.

Een mogelijke verklaring voor afname van het reproductiegetal die we terugzien na de versoepelingsmomenten (M1 en M3) is te geven met behulp van het SEIR model. Er zijn dan twee tegengestelde ontwikkelingen. Ontwikkeling 1 is dat bij heropening van de samenleving de contacten toenemen, omdat de kans op besmetting bij een evenement vaak hoger is dan op andere settings kan op korte termijn het aantal infecties stijgen als het relatief aantal personen R niet te hoog is. Ontwikkeling 2 is dat het aantal vatbare personen S afneemt en het aantal herstelde personen R toeneemt via de blootgestelde en geïnfekteerde groepen. Op een zeker moment neemt de verspreiding van het virus af doordat het reservoir aan vatbare personen (S) afneemt. Doordat de versoepelingsmomenten voor evenementen achteraan de reeks andere versoepelingen kwam kan het zo zijn dat veel mensen inmiddels de ziekte al hadden doorgemaakt en daardoor beschermd waren.

Rekenvoorbeeld: het relatieve aandeel van de contactmomenten op evenementen

Een tweede effect kan zijn dat het aantal contactmomenten op evenementen klein is vergeleken met het totaal aantal contactmomenten in de samenleving. Ondanks dat de contacten op de evenementen wellicht een hoger risico hebben op besmetting kan het zijn dat de aantallen andere contacten er dermate veel zijn dat het effect van evenementen beperkt is. Om dit te illustreren geven we het volgende rekenvoorbeeld.

In het kort proberen we de contactmomenten op evenementen te schatten en te vergelijken met het totaal aantal contactmomenten in de samenleving. De contactmomenten op evenementen zijn niet hetzelfde als contactmomenten thuis, het risico blijkt groter. Het besmettingsrisico op verschillende type events is onderzocht en weergegeven in de onderstaande tabel. Hierbij is ook het besmettingsrisico van thuis zijn weergegeven, waarvan we aannemen dat dit de veiligste setting is (minste aantal contacten per tijdseenheid).

Tabel 4-1: Besmettingsrisico op verschillende type evenementen en besmettingsrisico thuis in dezelfde periode op basis van resultaten van Fieldlab testevents (Kolen et al., 2022).

	Type I	Type II	Type III	Type IV
Individueel risico per uur op evenement zonder maatregelen	1.25×10^{-4}	5.10×10^{-4}	2.24×10^{-4}	5.22×10^{-4}
Gemiddeld individueel risico per uur thuis	1.06×10^{-5}	1.14×10^{-5}	1.06×10^{-5}	1.45×10^{-5}
Factor grotere kans op besmetting op evenementen t.o.v. thuisblijvers zonder aanvullende maatregelen	11.79	44.74	21.13	36.00

De typen events zijn als volgt:

- Type I: binnen, passief (theater shows of conferenties)
- Type II: binnen, actief (concerten of dance events)
- Type III: buiten actief (publieke sport evenementen)
- Type IV: buiten, actief festival (festivals)

Hieruit volgt dat het besmettingsrisico het grootst is op evenementen van type II, namelijk ruim 44 maal hoger dan thuis. Vanuit CBS worden inwonersaantallen bekend gemaakt, dat zijn ongeveer 17,5 miljoen mensen in 2021. We gaan uit van een gemiddelde duur van evenementen van 4 uur. Vervolgens kiezen we drie scenario's voor bezoekersaantallen per dag. Voor scenario hoog nemen we het weekgemiddeld maximaal aantal bezoekers van evenementen op een dag over heel Nederland. Dat is 700 duizend mensen per dag. In werkelijkheid hebben we maar een deel van de evenementen in de dataset en kan bezoekersaantal hoger zijn, daarom nemen we aan dat 1 miljoen mensen een evenement bezoeken per dag. Voor scenario gemiddeld kiezen we het gemiddelde van ongeveer 75 duizend bezoekers per dag en ronden dat af naar 100 duizend. Voor scenario laag nemen we 10 duizend. We kunnen vervolgens het relatieve aandeel als volgt bepalen:

$$\frac{\text{Totaal aantal personen} \times (\text{uren op een dag} \times 2/3) \times \text{besmettingsrisico}}{\text{Totaal bezoekers} \times \text{gemiddelde duur evenement} \times \text{besmettingsrisico evenement}} \times 100$$

De resultaten van deze voorbeeldberekening zijn weergegeven in de onderstaande tabel. De berekening kan als een gevoeligheidsanalyse beschouwd worden die globaal laat zien wat de impact is van evenementen op het totaal aantal besmettingen in Nederland. Hierbij moet opgemerkt worden dat men bij beperking van evenementen andere settings opzoekt en daar contactmomenten heeft. In onze analyse veronderstellen we dat mensen 16 uur op de dag contacten hebben met andere, en dat alle andere contacten op de evenementen gelijk zijn aan thuis. De verhouding van de bijdrage van evenementen is dus lager in werkelijkheid. Ter illustratie de kans op besmetting door tijdens de pandemie thuis bezoek te ontvangen (met alle regels) was al 4x hoger dan de kans op besmetting thuis.

Evenementbezoek per dag (zonder maatregelen)	Relatieve bijdrage			
	Type I	Type II	Type III	Type IV
Laag (10 duizend)	0%	1%	0%	1%
Gemiddeld (100 duizend)	2%	6%	3%	5%
Hoog (1 miljoen)	17%	64%	30%	51%

Beperkingen en implicaties

De situatie verandert continu tijdens de pandemie doordat het virus muteert, de mate van bescherming tegen het virus verandert (opbouw antistoffen en vaccinaties) en omdat allerlei

veranderingen in de maatregelen worden doorgevoerd. Daarom is het moeilijk om versoepelingsmomenten met elkaar te vergelijken en te vergelijken met controlegroepen. Hierdoor is het ook lastig om harde uitspraken te doen over toekomstige effecten van versoepelingen. Enerzijds is er geen onomstotelijk bewijs dat evenementen in tijden van versoepelingen het aantal besmettingen hebben laten toenemen. Ook kan niet hard worden gemaakt wat de relatieve bijdrage is van andere settings tov evenementen in de ontwikkeling van het R getal na versoepelingen. Anderzijds kan wel worden geconcludeerd dat in een periode van versoepeling na een duidelijke piek in besmettingen een toename in het aantal contacten niet leidt tot een sterke stijging van R.

De correlatiecoëfficiënten die zijn berekend tussen de variabelen moeten met voorzichtigheid worden geïnterpreteerd omdat een correlatiecoëfficiënt geen oorzakelijk verband weergeeft. Ten tweede gaat een correlatie analyse uit van normaal verdeelde variabelen en zien we dat in onze verzamelde data niet terug. In de verzamelde data speelt de component tijd een rol (autocorrelatie). Dat geeft beperkingen in de betrouwbaarheid van de gevonden waarden voor correlatiecoëfficiënten. Gevonden hoge correlatiecoëfficiënten kunnen toevalligheden zijn (schijnrelaties).

De mobiliteit dataset en de data van aantallen bezoekers op evenementen tijdens de pandemie zijn niet de enige factoren die de verspreiding van het virus beïnvloeden. Er kunnen andere sleutelfactoren zijn die effect hebben op de aantallen besmettingen en dat kan de gevonden correlaties in de analyse sterk beïnvloeden.

In deze studie namen we aan dat het reproductiegetal een goede indicator is voor de toe- of afname van de verspreiding van het virus. De schattingen van het R-getal zijn echter onzeker, onder andere door meet- en door modelfouten. Die rekenmethode van het dat het RIVM gebruikt voor het bepalen van de waarden van het R-getal is niet volledig transparant. Daarom de nauwkeurigheid van de schattingen onbekend en dat heeft invloed op de resultaten die in deze studie zijn gevonden.

Het R-getal gaat gepaard met natuurlijke variatie, het bijvoorbeeld kan niet stationair boven de 1 blijven opdat op een gegeven het reservoir aan mensen dat nog vatbaar is voor het virus kleiner wordt. Het lijkt erop de besmettingen oplopen vanaf de eerste stap van het openingsplan en dat op een bepaald moment een maximum bereikt wordt. Wanneer dan evenementen open kunnen is de piek aan besmettingen al bereikt en loopt de verspreiding van het virus terug. Het R-getal geeft alleen het gemiddeld aantal secundaire besmettingen door een geïnfecteerde persoon en geeft geen absoluut beeld van de toe of afname van besmettingen in de samenleving. Een R-getal boven de 1 is gevaarlijk, maar wordt gevaarlijker naarmate het aantal besmettingen toeneemt. Bij een R-getal van 1.1 en 20 mensen met het virus stijgt het aantal besmettingen met 2 maar bij 200.000 besmettingen komen er 20.000 besmettingen bij.

4.2. Conclusies

De onderzoeksvraag in dit onderzoek was als volgt:

Is er een relatie terug te zien tussen openen van grootschalige evenementen en de verspreiding van het virus op basis van een data-analyse aanpak?

De hypothese was dat het effect van het openen van evenementen (vertraagd) terug moet zijn te vinden in landelijke cijfers van het reproductiegetal door het verhoogde besmettingsrisico op evenementen en door de vertraging die het gevolg is van de tijd die nodig is voor organisatie en kaartverkoop.

Er zijn drie versoepelingsmomenten voor evenementen geweest waarbij de contactbeperkende maatregelen werden losgelaten: 30 juni 2021 (M1), 25 september 2021 (M2) en 25 februari 2022 (M3). We stellen vast dat deze maatregelen de laatste stap waren in een reeks versoepelingen voor het openen van de samenleving. Voor deze momenten vinden we in de visuele trends terug dat het reproductiegetal enige tijd voor het ingaan van de maatregelen voor de evenementen begon toe te nemen. Bij M1 en M3 daalde het reproductiegetal vlak nadat de versoepelingen ingingen. Voor M2 zet de toename van het R-getal nog wel door, maar neemt de stijging niet toe en het vlak na verloop van tijd af. In de correlatie analyse vinden we geen sterke lineaire verbanden terug tussen veranderingen R-getal, aantallen bezoekers van evenementen en andere gegevens van het verplaatsingsgedrag van personen. Daarbij merken we op dat de gevonden waarden met voorzichtigheid moeten worden geïnterpreteerd omdat de analyse gevoelig is voor het vinden van toevallige verbanden (schijnrelaties).

Op basis van de analyse stellen we vast dat we het effect van het openen van grootschalige evenementen moeilijk terug te vinden is in de landelijke reproductiegetal. Voor de drie versoepelingsmomenten die zijn geanalyseerd kunnen we niet terugvinden dat de versoepelingen voor evenementen een grote bijdrage hebben gehad in de verspreiding van het virus (gevat in een toename van het reproductiegetal). Tegelijkertijd weten we wel dat de kans op besmetting bij evenementen groter is dan op veel andere settings waar mensen kunnen zijn. Dat we geen effect zien hangt waarschijnlijk erg af van de epidemiologische situatie (onder andere de virusvariant en vaccinatiëgraad) en de kans kan komen doordat het reservoir aan vatbare personen dermate is afgenomen dat nieuwe besmettingen afnemen en het reproductiegetal daalt. Daarnaast is het aantal contactmomenten op evenementen waarschijnlijk relatief klein ten opzichte van alle andere contactmomenten in de samenleving die dan ook weer toegestaan zijn. Hierdoor kan het effect van evenementen in de landelijke cijfers van het reproductiegetal beperkt blijven ook al zijn de contactmomenten gevaarlijker (hoger besmettingsrisico).

4.3. Aanbevelingen

Ten eerste adviseren de voorbereiding op een pandemie te verbeteren door direct in te zetten op een goede data collectie. Het gaat dan met name het beter bijhouden van aantallen besmettingen per setting, de duur van contacten en de aantallen contacten. Daarmee kan het besmettingsrisico op verschillende settings worden bepaald en met elkaar vergeleken. Het doel van deze dataverzameling is niet om het verloop van de pandemie te beschrijven maar om meer en minder gevaarlijke locaties te identificeren en onderbouwen. Hieraan gekoppeld is ook het relatieve belang van deze contacten. Immers veel contacten die een beetje gevaarlijk zijn kunnen meer bijdragen aan heel weinig contacten die iets gevaarlijker zijn.

Daarnaast raden we aan verder onderzoek te doen naar de modellering van de relatieve risicobijdrage van zowel evenementen als andere settings waar besmettingen plaats kunnen vinden aan het totaal aan besmettingen. Dit draagt bij aan beter inzicht in de effectiviteit van de maatregelen die kunnen worden genomen. Dat kan voorkomen dat maatregelen worden gekozen die weinig invloed hebben op de verspreiding van het virus maar wel effect hebben op de economie en sociaal welzijn.

Ten slotte roepen wij op tot meer onderzoek naar het handelen volgens het voorzorgsprincipe ten tijde van een pandemie. Onze aanbeveling is om een gelijke risicoafweging te maken bij het openen

van de samenleving als bij het sluiten daarvan. Die afweging moet gemaakt worden op basis van dezelfde informatie en kennis. Het kan daarbij ook helpen om naar de orde van grootte te kijken.

Referenties

Google, COVID-19 Community Mobility Reports. <https://www.google.com/covid19/mobility/> (2020).

Hale, T., Angrist, N., Goldszmidt, R., Kira, B., Petherick, A., Phillips, T., ... & Tatlow, H. (2021). A global panel database of pandemic policies (Oxford COVID-19 Government Response Tracker). *Nature human behaviour*, 5(4), 529-538.

Kolen, B., Znidarsic, L., Voss, A., Donders, S., Kamphorst, I., van Rijn, M., ... & van Gelder, P. (2022). SARS-CoV-2 risk taxation model and validation based on large scale Dutch test-events. medRxiv

Koopsen, J., van Ewijk, C. E., Bavalia, R., Cornelissen, A., Bruisten, S. M., de Gee, F., ... & Leenstra, T. (2022). Epidemiologic and genomic analysis of SARS-cov-2 delta variant superspreading event in nightclub, the netherlands, june 2021. *Emerging infectious diseases*, 28(5), 1012.

Wallinga, J., & Lipsitch, M. (2007). How generation intervals shape the relationship between growth rates and reproductive numbers. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1609), 599-604.

A. Bijlagen

A.1. Correlaties rond versoepelingsmomenten

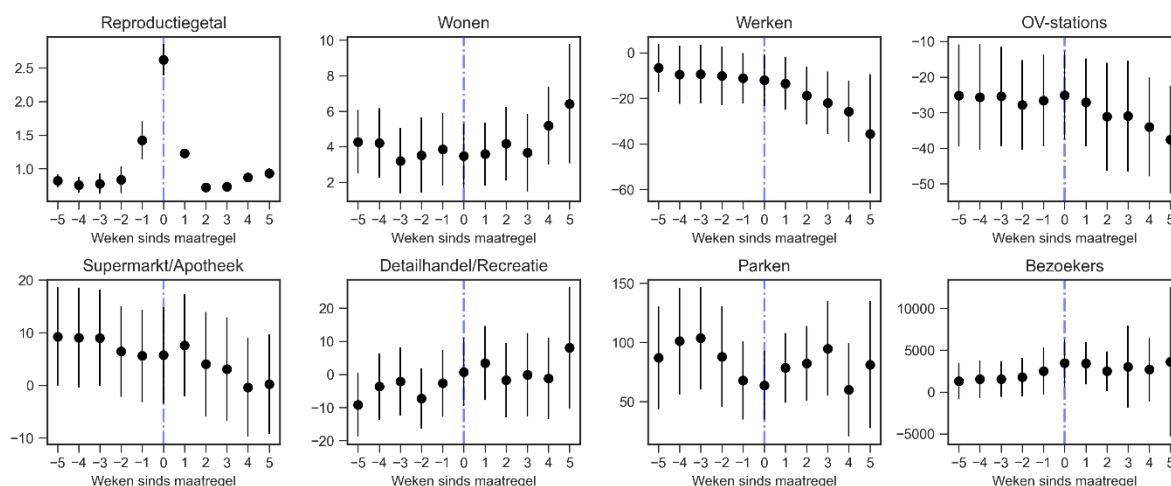
Hieronder worden de resultaten van correlatieanalyse besproken voor de perioden rondom de drie versoepelingsmomenten voor grootschalige evenementen.

Disclaimer

De gevonden correlatie coëfficiënten geven geen conclusies over oorzaak-gevolg relatie tussen variabelen. Er zijn andere factoren die het gevonden verband beïnvloeden en daarom moeten de resultaten van de correlatieanalyse voorzichtig worden geïnterpreteerd.

A.1.1. Eerste versoepelingsmoment (M1)

Het eerste versoepelingsmoment voor grootschalige momenten valt op 30 juni 2021. In de weken voorafgaand aan dat moment zijn een aantal openingsstappen doorgevoerd waarbij de samenleving steeds een beetje meer open ging. In Figuur A-1 zijn weekgemiddelden weergegeven van het reproductiegetal, mobiliteitsparameters en aantallen bezoekers van evenementen. Op de horizontale as zijn de weken sinds de versoepelingsmaatregel weergegeven. Met verticale strepen is de standaarddeviatie weergegeven die de variatie per veiligheidsregio aangeeft.

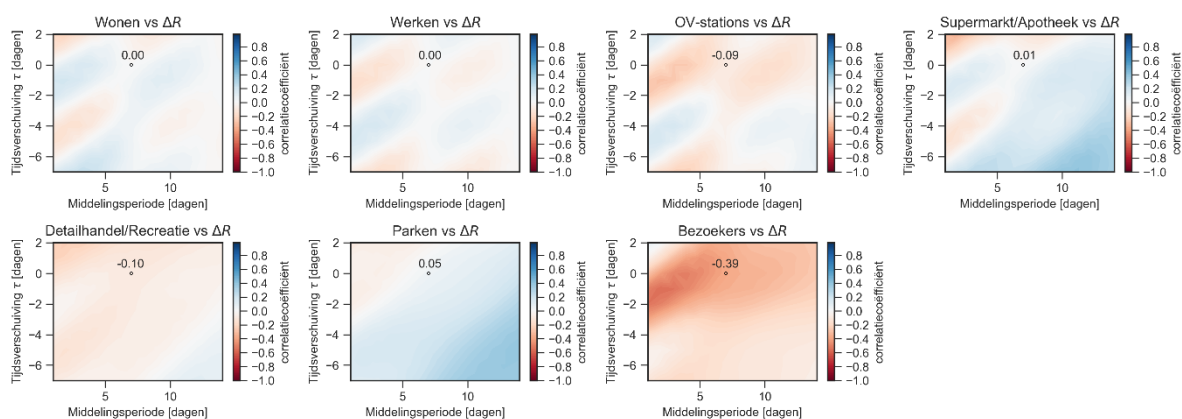


Figuur A-1: Weergave van weekgemiddelden van de variabelen voor 10-wekelijkse periode rond versoepelingsmoment M1 met spreiding per veiligheidsregio.

In de bovenstaande figuur zien we allereerst de piek terug in het reproductiegetal die ongeveer samenvalt met het moment van opengaan van grootschalige evenementen. We zien dat verplaatsing rondom werk en OV-stations in deze periode afneemt, wat verklaart kan worden doordat de vakantieperiode begint.

In Figuur A-2 zijn correlaties weergegeven voor de 10-wekelijkse periode rond het eerste versoepelingsmoment (M1). Hierbij is met een kleurschaal de waarde van de correlatiecoëfficiënt weergegeven, blauw geeft een positieve correlatie aan en rood een negatieve correlatie. Een witte kleur geeft aan dat er geen correlatie tussen de variabelen gevonden is. Door de tijdsverschuiving en middenperiode te variëren en steeds nieuwe waarden van de correlatiecoëfficiënt te berekenen geven we de gevoeligheid van de statistiek weer voor deze periode.

In de plots is met zwart de waarde van de gevonden correlatie weergegeven voor een middelingsperiode van 7 dagen zonder tijdsverschuiving. We zien in het figuur dat de meeste gevonden correlaties in dit punt verwaarloosbaar zijn. De correlatie tussen aantallen bezoekers van evenementen en de verandering in het R-getal (ΔR) iets negatief uitvalt.

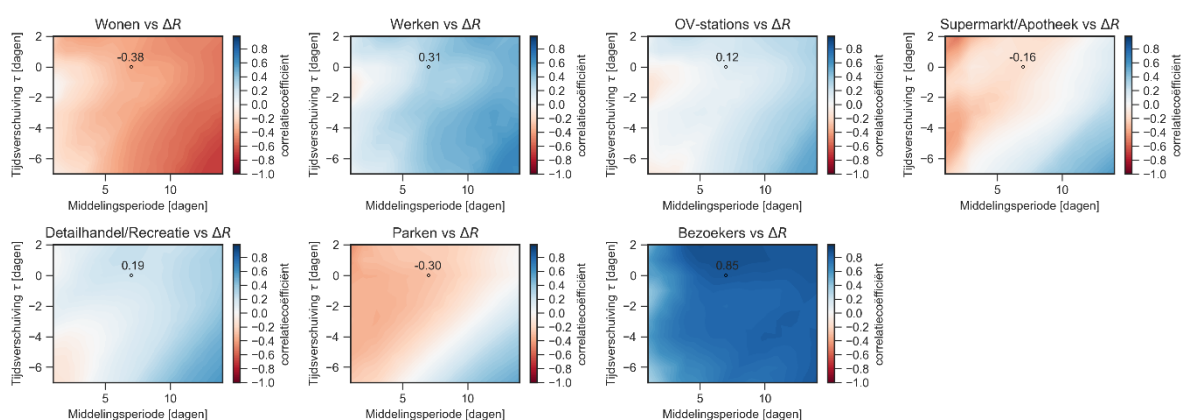


Figuur A-2 Gevonden Pearson correlatiecoëfficiënten r_{xy} voor 10 wekelijkse periode rondom versoepelingsmoment M1.

Periode voor het versoepelingsmoment

In deze paragraaf laten we de resultaten zien voor de 5 wekelijkse periode van voor het versoepelingsmoment voor evenementen (M1). We verwachten een knik in de trend en dus een verandering in het correlatiegedrag door de aanpassing in maatregelen.

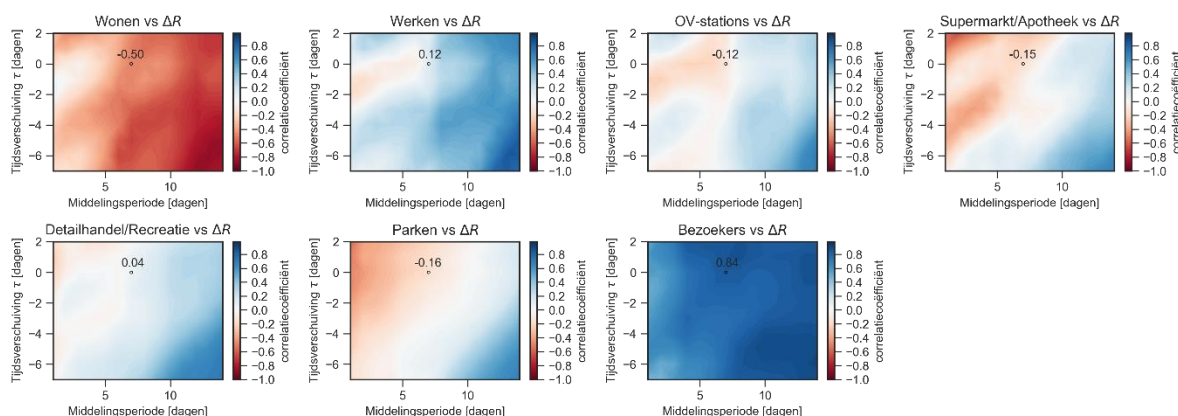
In de onderstaande Figuur A-3 zijn voor de periode van voor het versoepelingsmoment (M1) de Pearson correlatiecoëfficiënten gegeven.



Figuur A-3: Gevonden Pearson correlatiecoëfficiënten r_{xy} voor de 5 wekelijkse periode voor het versoepelingsmoment M1.

We zien dat vooral bezoekers van evenementen sterk gecorreleerd lijkt te zijn met veranderingen in het R-getal. De andere gevonden correlaties zijn minder sterk. We zien een omgekeerd patroon bij wonen en werken, waarbij wonen negatief correleert en werken positief.

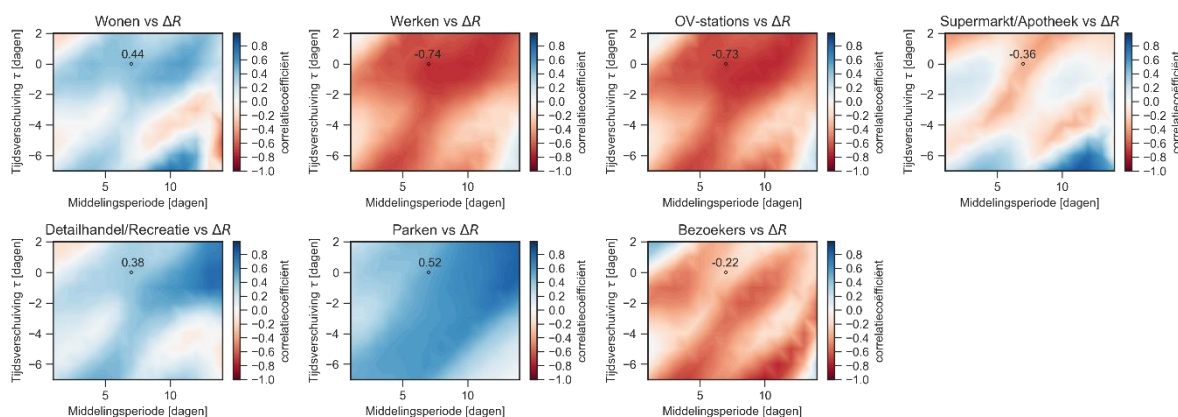
In Figuur A-4 zijn de Spearman rang correlaties gegeven voor dezelfde periode. De waarden die we verschillen maar het patroon is vergelijkbaar met de gevonden waarden van de Pearson correlatiecoëfficiënten.



Figuur A-4: Gevonden Spearman rang correlatiecoëfficiënten r_s voor de 5 wekelijkse periode voor het versoepelingsmoment M1.

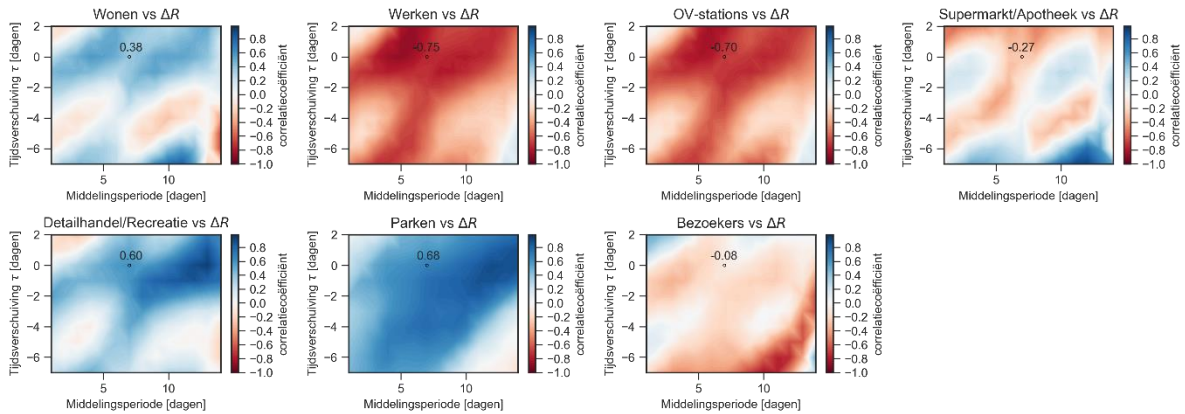
Periode na het versoepelingsmoment

In de onderstaande figuren bekijken we het correlatiegedrag na ingang van de versoepelende maatregelen (M1). Voor de 5 wekelijkse periode geeft Figuur A-5 de Pearson correlatiecoëfficiënten na het versoepelingsmoment (M1) weer met opnieuw de variatie ten opzichte van de middelingsperiode en tijdsverschuiving. We zien hierin terug dat de correlaties van wonen, werken, parken en bezoekers van evenementen met ΔR omgekeerd zijn aan de gevonden correlaties in de periode voor de versoepeling (zie Figuur A-3 en Figuur A-4).



Figuur A-5: Gevonden Pearson correlatiecoëfficiënten r_{xy} voor de 5 wekelijkse periode na het versoepelingsmoment M1.

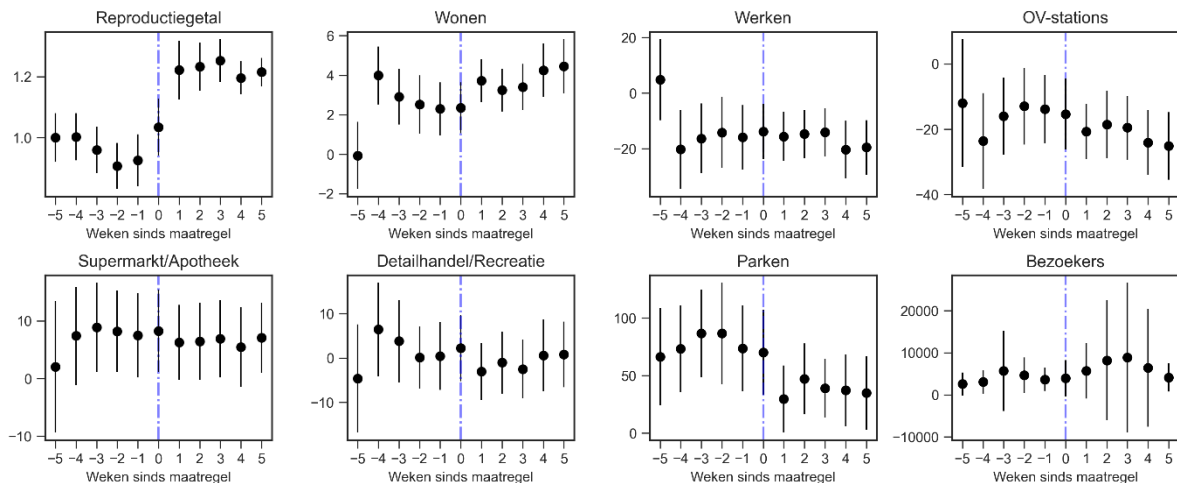
In Figuur A-6 zijn de Spearman rang correlaties gegeven voor dezelfde periode. We zien daarin opnieuw dezelfde patronen terug als voor de gevonden Pearson correlaties.



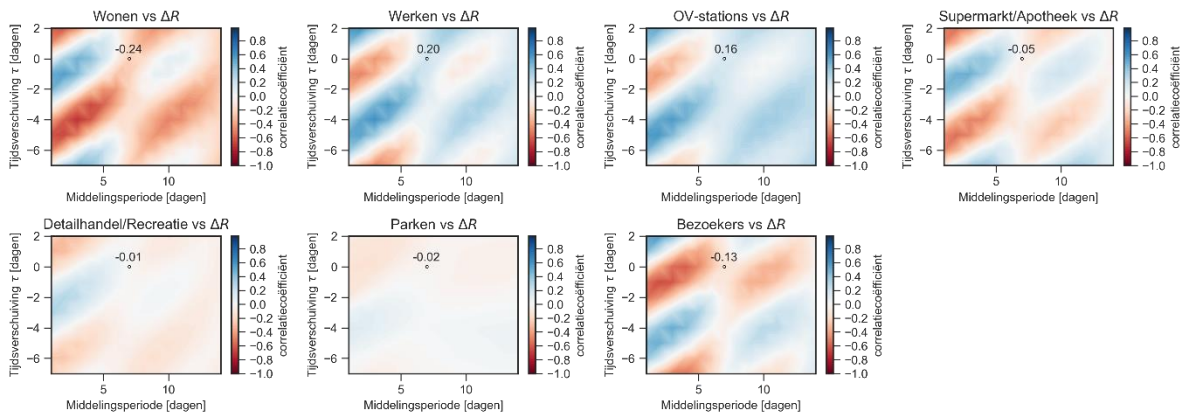
Figuur A-6: Gevonden Spearman rang correlatiecoëfficiënten r_s voor de 5 wekelijkse periode na het versoepelingsmoment M1.

A.1.2. Tweede versoepelingsmoment (M2)

Uit deze visuele trends in Figuur A-7 vallen een aantal dingen op. Allereerst is te zien dat de bezoekersaantallen op evenementen toenemen vanaf het moment dat de versoepelingsmaatregelen ingaan, met een grote spreiding per veiligheidsregio. We zien ook dat het ongeveer drie weken duurt voordat deze een maximum bereikt, dat is in lijn met wat we verwachten omdat het organiseren van de evenementen tijd kost. In de weken voorafgaand aan dat moment zien we in de mobiliteitsparameters dat verblijf (aantallen en duur) toeneemt in categorie detailhanden en recreatie (onder andere horeca, pretparken en restaurants). Ook is te zien het verblijf in parken toeneemt. In het reproductiegetal is eerst een daling zichtbaar waarna het op ongeveer twee weken voorafgaand aan het versoepelingsmoment een toename inzet met een piek van een R-getal boven de 1.2.



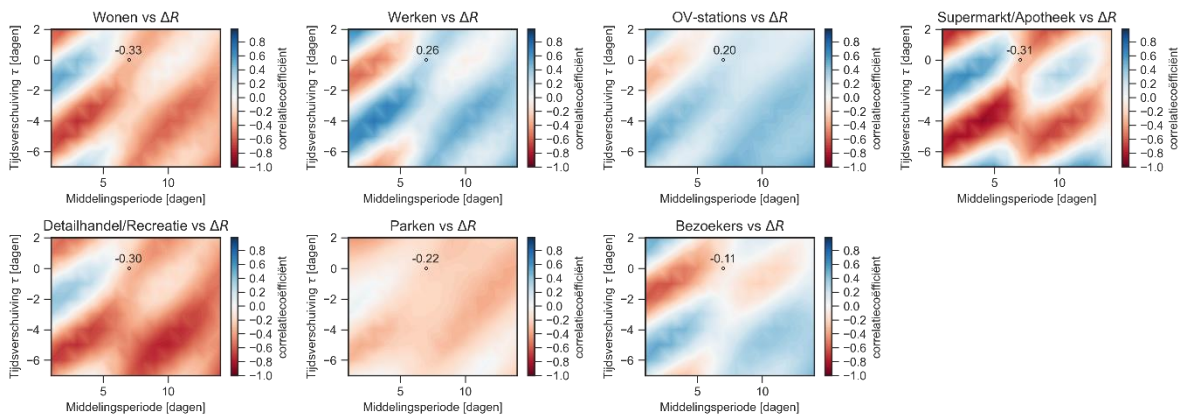
Figuur A-7: Weergave van weekgemiddelden van de variabelen voor 10-wekelijkse periode rond versoepelingsmoment M2 met spreiding per veiligheidsregio.



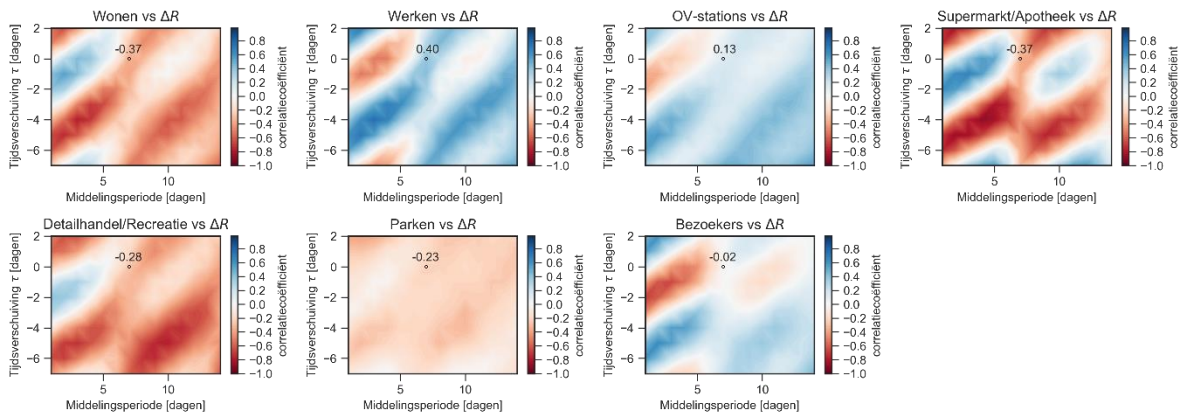
Figuur A-8: Gevonden Pearson correlatiecoëfficiënten r_{xy} voor 10 wekelijkse periode rondom versoepelingsmoment M2 voor de variabelen met verandering in het reproductiegetal en de gevoeligheid met fasevertraging en middelingsperiode.

Periode voor het versoepelingsmoment

In de onderstaande Figuur A-9 zijn voor de 5 wekelijkse periode van voor het versoepelingsmoment (M1) de Pearson correlatiecoëfficiënten gegeven. In de onderstaande Figuur A-10 Figuur A-4 zijn de Spearman rang correlaties gegeven voor dezelfde periode. In beide figuren zien we dezelfde patronen terugkomen.



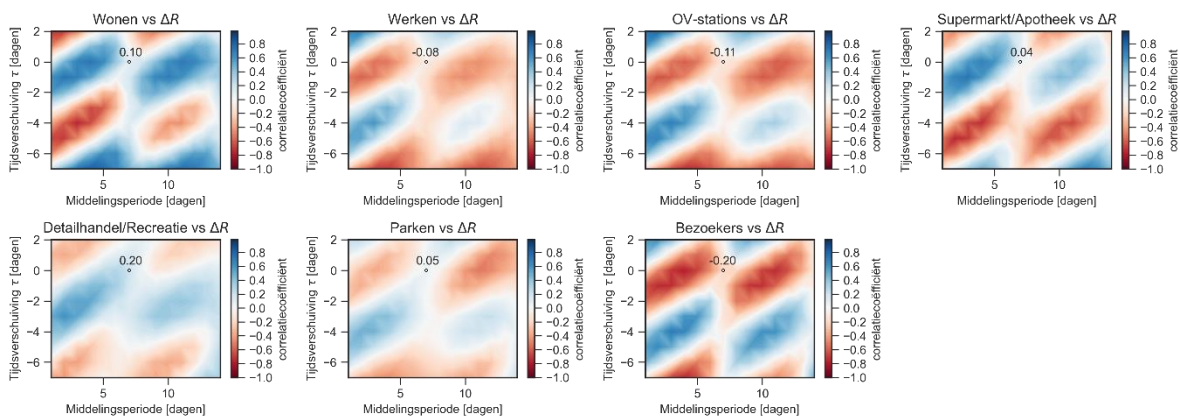
Figuur A-9: Gevonden Pearson correlatiecoëfficiënten r_{xy} voor de 5 wekelijkse periode voor het versoepelingsmoment M2.



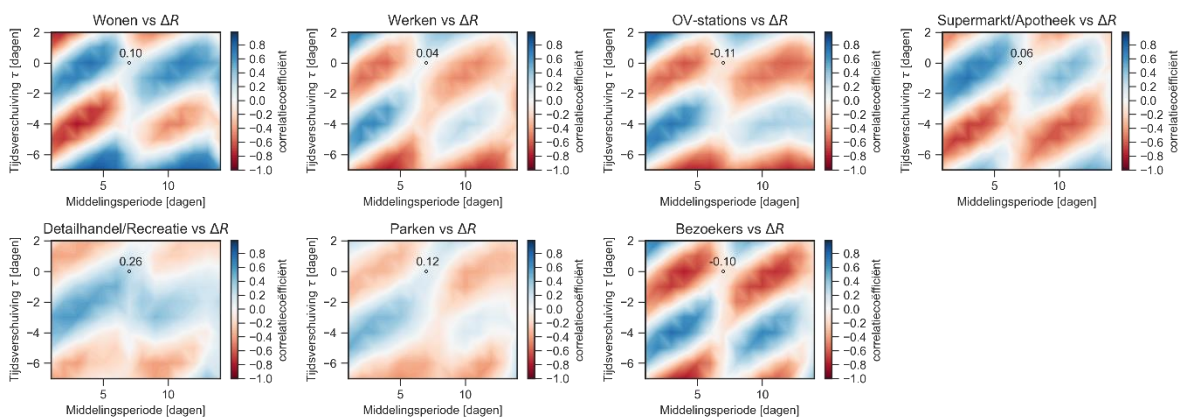
Figuur A-10: Gevonden Spearman rang correlatiecoëfficiënten r_s voor de 5 wekelijkse periode voor het versoepelingsmoment M2.

Periode na het versoepelingsmoment

In de onderstaande Figuur A-11 zijn voor de 5 wekelijkse periode van na het versoepelingsmoment (M1) de Pearson correlatiecoëfficiënten gegeven. In Figuur A-12 zijn de Spearman rang correlaties gegeven.



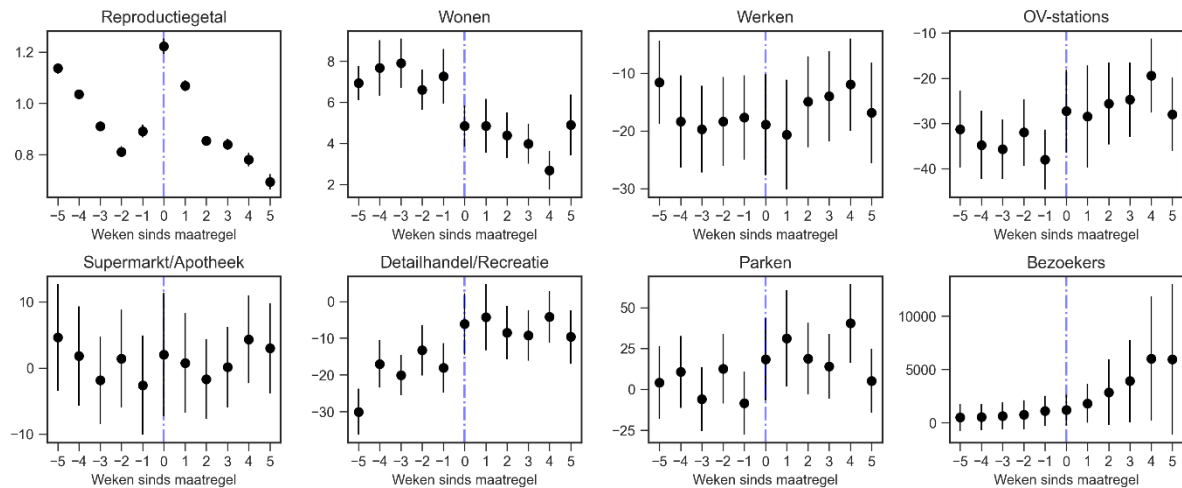
Figuur A-11: Gevonden Pearson correlatiecoëfficiënten r_{xy} voor de 5 wekelijkse periode na het versoepelingsmoment M2.



Figuur A-12: Gevonden Spearman rang correlatiecoëfficiënten r_s voor de 5 wekelijkse periode na het versoepelingsmoment M2.

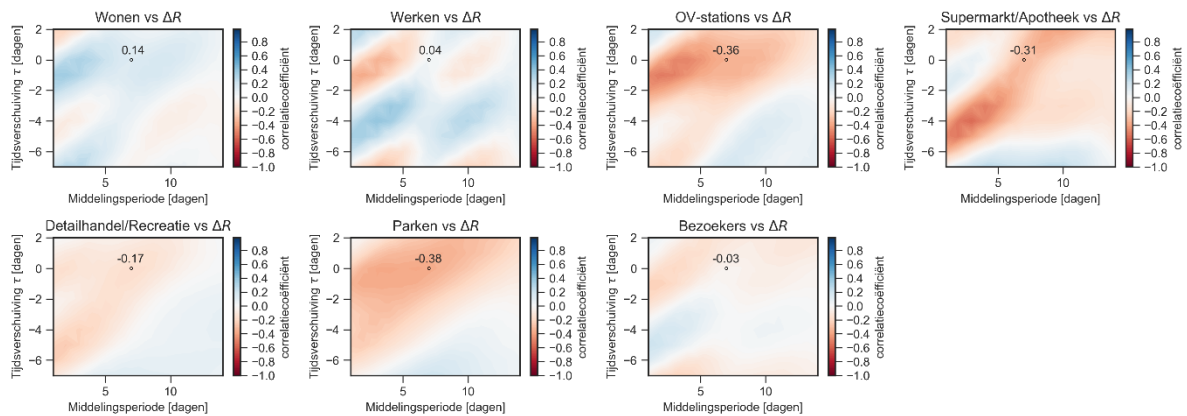
A.1.3. Derde versoepelingsmoment (M3)

Figuur A-13 geeft de wekelijks gemiddelden van de beschouwde parameters voor de periode rond versoepelingsmoment M3. Daarin zien zoals verwacht de bezoekersaantallen op evenementen, zoals in onze dataset, geleidelijk toenemen na het versoepelen. Tegelijk zien we een geleidelijke daling in mobiliteitsparameter Wonen. Werken en verblijf op OV-stations neemt ook toe.



Figuur A-13: Weergave van weekgemiddelden van de variabelen voor 10-wekelijkse periode rond versoepelingsmoment M3 met spreiding per veiligheidsregio.

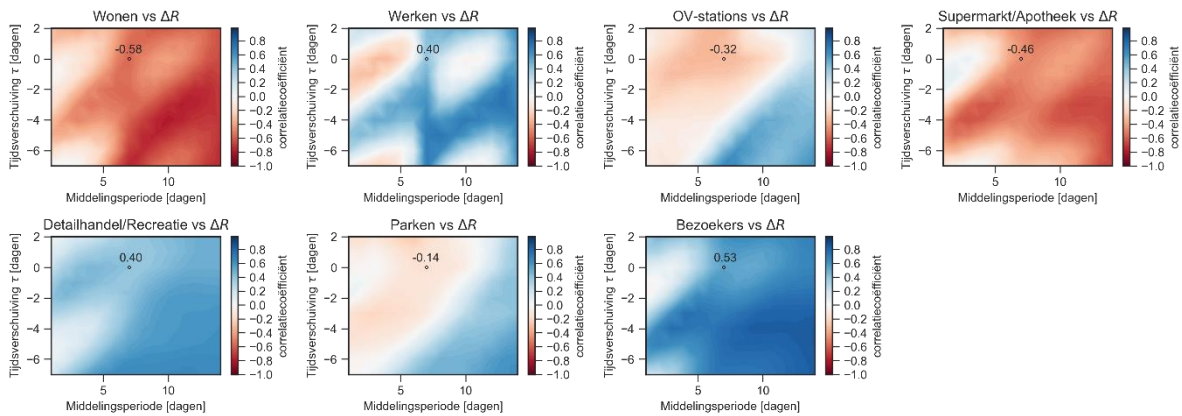
Gevonden waarden van de correlatiecoëfficiënt en de gevoeligheid voor de middelingsperiode en fasevertraging zijn gegeven in Figuur A-14.



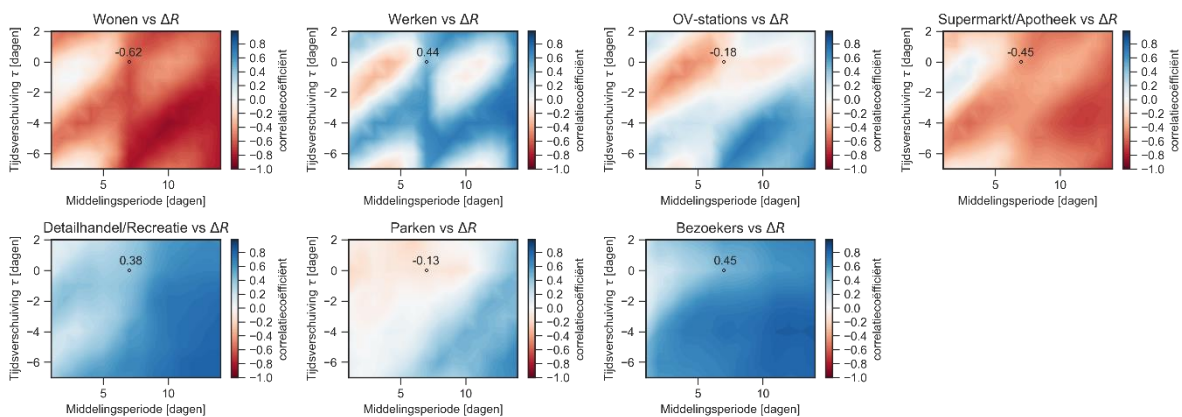
Figuur A-14: Gevonden correlatiecoëfficiënten voor 10-wekelijkse periode rondom versoepelingsmoment M2 voor de variabelen met verandering in het reproductiegetal en de gevoeligheid met fasevertraging en middelingsperiode.

Periode voor het versoepelingsmoment

In de onderstaande Figuur A-15 zijn voor de 5-wekelijkse periode van voor het versoepelingsmoment (M1) de Pearson correlatiecoëfficiënten gegeven. In Figuur A-16 zijn de Spearman rang correlaties gegeven.



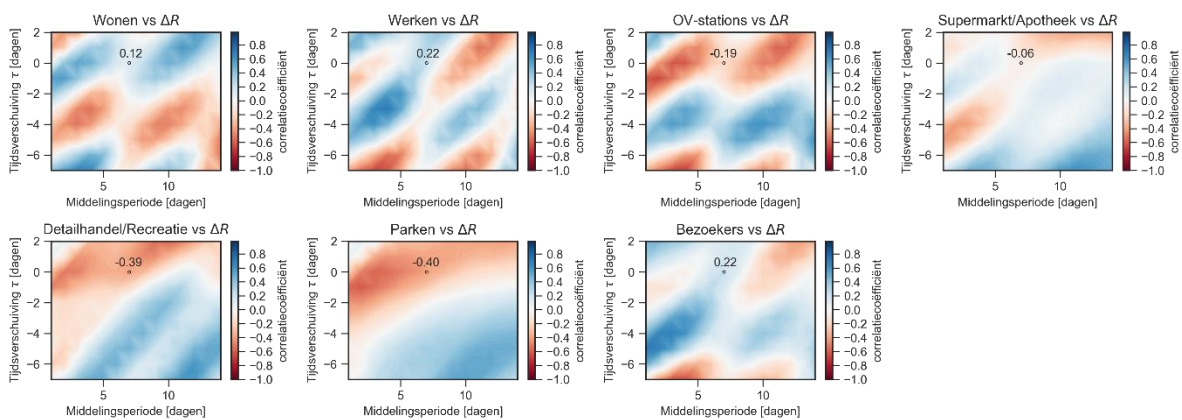
Figuur A-15: Gevonden Pearson correlatiecoëfficiënten r_{xy} voor de 5 wekelijkse periode voor het versoepelingsmoment M3.



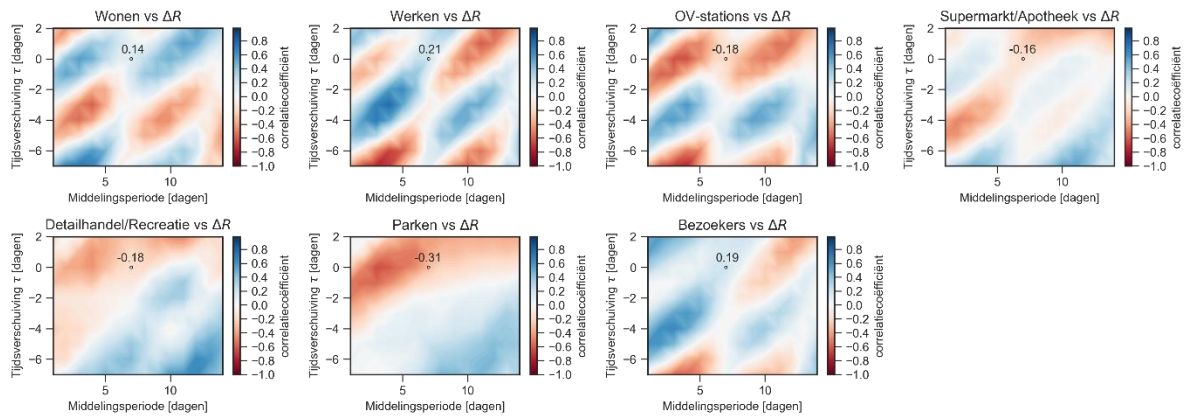
Figuur A-16: Gevonden Spearman rang correlatiecoëfficiënten r_s voor de 5 wekelijkse periode voor het versoepelingsmoment M3.

Periode na het versoepelingsmoment

In de onderstaande Figuur A-17 zijn voor de 5 wekelijkse periode van na het versoepelingsmoment (M1) de Pearson correlatiecoëfficiënten gegeven. In Figuur A-18 zijn de Spearman rang correlaties gegeven.



Figuur A-17: Gevonden Pearson correlatiecoëfficiënten r_{xy} voor de 5 wekelijkse periode na het versoepelingsmoment M3.



Figuur A-18: Gevonden Spearman rang correlatiecoëfficiënten r_s voor de 5 wekelijkse periode na het versoepelingsmoment M3.

A.2. The traffic safety ‘pandemic’ vs. the Covid-19 pandemic: a framework for the comparative analysis of their attributes at global level

Eleonora Papadimitriou¹⁹, Amir Pooyan Afghari, Pieter van Gelder

Safety & Security Science Section, Faculty of Technology, Policy and Management, Delft University of Technology, Jaffalaan 5, 2628BX, Delft, the Netherlands.

Abstract

This paper aims to explore common macroscopic attributes between two ongoing pandemics: the Covid-19 pandemic which onset on year 2020, and the traffic safety ‘pandemic’ which – although not formally declared as such – has a comparable burden of 1.35 million fatalities annually. For that purpose, we apply the SUNflower ‘pyramid’ for both causes of mortality, to link structural and socioeconomic indicators, exposure, policy and measures, as well as Key Performance Indicators (KPIs) of the operational level of risk, with the mortality rates due to both causes. Data for >100 countries are collected from international databases and other official sources, including indicators that correspond with each layer of the pyramid. Log-linear regression models are developed for the mortality rates and individual or composite variables of different layers. The results suggest that structural socioeconomic indicators such as GDP per capita, and ageing of the population play a key role in the outcomes of both pandemics. Moreover, exposure, either traffic (e.g. urbanisation, vehicle fleet) or epidemiological (e.g. number of infections), takes explicit account of vulnerable populations and has a strong increasing effect on both final outcomes. On the other hand, an opposite impact of measures and KPIs was found in the two pandemics: while traffic enforcement decreases traffic mortality rate, a higher government stringency index on Covid-19 measures increases Covid-19 mortality rate. This may be attributed to higher perceived urgency, lack of experience and more variability of the measures in the Covid-19 pandemic, possibly resulting in reactive rather than proactive management. Our findings suggest that both causes of mortality may be described by a safety management model initially developed for traffic safety management, therefore experts and policy makers should seek a more systematic transfer of knowledge between the traffic, epidemiological and health sector. Keeping in mind the differences between the two pandemics, there can be lessons learnt from the Covid-19 pandemic in light of future disruptions in the traffic system.

Keywords: covid-19, traffic safety, pandemic, policy, management

Background and objectives

The Covid-19 pandemic was declared by the World Health Organisation (WHO) on 11 March 2020 and within that first year brought 1.96 million fatalities (WHO, 2020; 2022) worldwide. Most countries responded to this outbreak by means of travel / mobility restrictions aiming to prevent the spread of the virus, as well as measures aiming to empower the health sector in dealing with this emergency situation. The acceptability of these measures and restrictions by the general public, especially the mobility/exposure reduction in this first year of the pandemic has been notably high, due to an increased perceived urgency of the situation. However, there were notable differences to the degree at which the spread of the virus was contained in different countries, and to the final mortality rate that has been recorded as a result of the relevant policies.

¹⁹ Corresponding author:
Dr. Eleonora Papadimitriou
E-mail addresses: e.papadimitriou@tudelft.nl

At the same time, another epidemic, although not ever formally declared as a pandemic, has been ongoing at the global level for decades, with a similar burden of fatalities annually, i.e. the traffic safety ‘pandemic’. Every year, more than 1.35 million people are killed in road traffic accidents – making them the leading cause of death globally for people aged between 25-55 years and among the top ten causes of death overall (WHO, 2018). There are also notable differences between countries, with a disproportional burden of casualties in less industrialised countries. Overall however, the degree of perceived urgency is much lower because this cause of mortality has been prevalent since the beginning of motorisation. Nevertheless, continuous efforts at national and global level have been implemented, with various policies and measures in place, as well as long-term visions and targets to significantly reduce these fatality numbers, e.g. the UN Sustainable Development Goals target 3.6 to halve traffic fatalities by 2030, and the EU Vision Zero to eliminate traffic fatalities by 2050.

In both causes of mortality, it has been noted that a number of factors play a role in the magnitude of the final outcomes (fatalities and serious casualties), ranging from structural and institutional factors, to specific measures and policies in place, as well as factors related to the behaviour of individuals and their response to the policies and measures. In the traffic safety context, it has been well established that road safety management systems can be described by a five-layer ‘pyramid’, also known as the SUNflower pyramid, which shows how the above factors interact to result in the final outcomes (Koornstra et al., 2002). This framework has been widely implemented and tested in individual countries for drawing conclusions regarding the effectiveness of traffic safety policies, as well as – to a limited extent – in regional or global comparisons. On the other hand, formal global comparisons of the Covid-19 pandemic and the factors that determine the final outcomes in different countries has been limited.

Despite the obvious differences between the two pandemics (e.g. in terms of duration, intensity of onset, epidemiological mechanisms), there are several common (macroscopic) factors, e.g. similar number of yearly casualties, similar links between exposure and final outcomes, and several similar policy approaches, e.g. mobility / exposure restrictions, enforcement, etc. Moreover, both pandemics are likely to be affected by similar country background characteristics such as income (e.g. GDP per capita), climate and demographics (e.g. population age). Recent opinion articles have highlighted the potential lessons to be learned by the Covid-19 pandemic for road safety (Jobs, 2020; Yannis, 2020). However, there has been no systematic attempt to compare the two causes of mortality in terms of their underlying common macroscopic attributes.

The objective of this paper is to understand the effects of structural, exposure, policy and behavioural factors on the final outcomes of Covid-19 pandemic and the traffic safety ‘pandemic’, by developing global statistical models describing the relationship between the above factors and mortality rates (fatalities per million inhabitants). For that purpose, we use the number of Covid-19 related mortality of year 2020 (first year of onset) at national level, and the related traffic mortality in 2016 (last available year for global data). Both models are based on the SUNflower pyramid and its hypotheses.

The rest of this paper is structured as follows: section 2 includes a literature review on the SUNflower model, the traffic safety studies based on this model, as well as the relevant covid-19 studies comparing policies with outcomes at regional or national level. Section 3 presents the research hypotheses, methodologies and data used for the models development. Section 4 includes the results and section 5 their discussion, together with the main insights as well as the limitations of the study, followed by a concluding section 6.

LITERATURE REVIEW

There have been several studies aiming to macroscopically model the number or the development of road traffic fatalities at regional or global levels. A detailed review of these studies is beyond the scope of this paper, but the main categories of studies can be summarised as follows. A number of studies have dealt with the correlation between road safety and economic developments expressed by the gross

domestic product (GDP) per capita, the level of motorisation or unemployment rate, e.g. (Page, 2001; Kopits & Cropper, 2005; Yannis et al., 2011), in some cases with focus on the impact of disruptions such as the energy crisis of the decade of 1980 (Hedlund et al., 1984), or the more recent economic recession of 2008 (Kweon, 2011; Yannis et al., 2014). A distinct family of studies focused on the methodological challenges of modelling macroscopic developments of fatalities and exposure (in terms of vehicle-kilometres of travel or another proxy such as motorisation or GDP) by means of pertinent time series analysis techniques, e.g. (Lassarre, 2001; Borsos et al., 2012; Antoniou et al. 2016).

The SUNflower pyramid (Koornstra et al., 2002; Wegman et al., 2005) has been used by several national and international studies as an appropriate framework to describe road safety management systems at a specific ‘snapshot’ in time. Since its introduction, several variations of its structure and contents have been proposed e.g. by the World Bank road safety management capacity evaluation protocol (Bliss & Breene, 2009), the European Road Safety Observatory country profiles (ERSO, 2021), or the UNECE SafeFITS global road safety model (UNECE, 2018). Despite slight context-specific adjustments, the overall framework can be described as follows:

- The first (bottom) layer, Structure and Culture, reflects the institutional, economic, cultural and regulatory characteristics (i.e. policy input) of each country, that are background factors related to road safety performance. Typically, characteristics of the transport system such as exposure, urbanisation, modal split and road network type are included in this layer, although in (UNECE, 2018) they were in a separate layer.
- Measures and Programmes (policy output), at the second layer, are the result of structural and economical characteristics and include the legislation and measures in place to contain risk factors, as well as their enforcement.
- To link the above layers to the actual traffic safety outcomes in a country, an intermediate layer specifies the operational level of road safety in that country, including key performance indicators (KPIs) – also referred to as Safety Performance Indicators (SPIs) - on issues related to user behaviour (e.g. speeding, drinking and driving, use of protective systems etc.), the state of the road network and vehicle fleet etc.
- The risk outcomes in terms of fatalities and injuries are then assumed to be the result of this interaction between layers from the bottom up.
- A fifth layer of the pyramid includes the socioeconomic cost of traffic casualties, as the final outcome.

A limited number of studies have attempted to quantitatively model traffic fatalities on the basis of the SUNflower pyramid; these studies typically estimate composite variables for each layer of the pyramid, including several indicators to calculate a score for each layer - for example, Hermans et al. (2009), Papadimitriou & Yannis (2013) for benchmarking purposes, and the SafeFITS model (UNECE, 2018) for forecasting road safety developments. In this paper, we argue that SUNflower could be a suitable conceptual framework to compare different causes of mortality.

With respect to the impacts of the covid-19 pandemic on the transport system, the focus of studies has been on the impact of the pandemic on mobility and lifestyle (e.g. de Palma et al., 2022), travel behaviour (e.g. Shelat et al., 2022), travel patterns (e.g. see the review of Paul et al. 2022) and driving behaviour and safety at national level. Some studies made pairwise country comparisons of road safety during Covid-19 (e.g. Katrakazas et al., 2020; Vanlaar et al., 2021) or EU comparisons of the impact of Covid-19 measures on mobility (Kalidoni et al., 2022).

At the same time, there is already a number of cross-country studies investigating the effects of macroscopic factors on Covid-19 mortality rate from an epidemiological perspective. For example, a cross-country study of covid-19 in 38 European countries found that GDP per capita had a decreasing effect on the mortality rates in the first wave of the pandemic (Pardhan, S. and Drydakis, 2021). A similar study in Africa showed that other structural factors such as the prevalence of diabetes, number of nurses per 1000 population, and the *global health security index* were significantly associated with

the mortality rates (Bouba et al., 2021). Findings from other studies suggest that accessibility to public healthcare systems significantly influenced covid-19 mortality rates in 2020 in both developing and developed countries (Banik et al., 2021).

In addition, (Balmford et al., 2021) showed that the effects of policy interventions (i.e. measures in the SUNflower pyramid) on covid-19 mortalities were eminent in the first wave of the pandemic and that those factors outweighed the socio-economic factors. Meanwhile, behavioural factors (i.e. the third layer in the SUNflower model) such as general risk perception in different communities interacted with the policy interventions (Castex et al., 2021). Lastly, Yalaman et al. (2021) found that the virus transmission rate and contact tracing were significant factors influencing covid-19 mortality rates in 2020 across the world.

Overall, the long-lasting evidence from the road traffic ‘pandemic’ and the recent evidence from the covid-19 pandemic suggest that, from a global perspective, factors contributing to these two mortalities may arise from the same macroscopic sources. Yet, the road traffic safety ‘pandemic’ has not ever received the same attention as the covid-19 pandemic. This gap can be addressed by comparing the two causes of mortality (from a macroscopic perspective) and their contributing factors. Such a comparison may create the opportunity for road safety researchers and policy makers to recognize traffic fatalities as a true pandemic and benefit from more imminent interventions which will ultimately lead to further improvement in road injury burden worldwide.

Research methods and data

Research Hypotheses

The main background hypothesis of this research is that there may be common macroscopic factors that affect the outcomes of the two pandemics, and therefore there may be lessons to be learned regarding policy and management in the public health sector as a whole. More specifically, we test the following hypotheses:

- (a) Both pandemics can be described on the basis of the SUNflower model for safety management systems for a given ‘snapshot’ in time;
- (b) There are certain common attributes that affect the final outcomes of the two pandemics, e.g. socioeconomic, geographical, cultural, policy-related, exposure and behaviour-related;
- (c) There are distinct factors that are explicitly critical to one pandemic or the other, and these factors are related to the differences between their mechanisms.

The SUNflower framework has been applied to traffic safety in several studies, and it has been established that certain indicators are conceptually related to different layers of the pyramid. In this research, we define a similar taxonomy regarding the Covid-19 pandemic and accordingly we identify types of indicators that are relevant to the different layers as shown in Table 1.

TABLE 1. Taxonomy of traffic and Covid-19 indicators for different management layers

	Traffic mortality indicators	Covid-19 mortality indicators
Structural	<ul style="list-style-type: none"> • GDP per capita • Demographics • Population density, urbanisation, state of road network • Existence / funding of a road safety Lead Agency • Existence of fatality reduction vision, strategy & targets • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Life expectancy • Demographics • Human life quality index • Prevalence of diseases • Number of hospital beds • ...
Exposure	<ul style="list-style-type: none"> • Vehicle-kilometres of travel • Level of motorization 	<ul style="list-style-type: none"> • Number of cases / infections • Share of vulnerable groups

	<ul style="list-style-type: none"> • Share of vulnerable road users • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • ...
Programmes and measures	<ul style="list-style-type: none"> • Duration and intensity of traffic enforcement • Speed limits • Alcohol limits • Road & vehicle standards • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Duration and intensity of enforcement • Mobility restrictions • Activity closures • Social distancing • ...
KPIs	<ul style="list-style-type: none"> • Share of drivers exceeding speed limits • Share of drivers under the influence of alcohol • Share of road users using protective devices • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Share of population complying with measures • Reproduction rate (R) • ...
Final outcomes	<ul style="list-style-type: none"> • Number of fatalities 	<ul style="list-style-type: none"> • Number of mortalities

For instance, structural factors in the traffic mortality context include socioeconomic and demographic indicators, together with indicators related to the state of the road and urban environment, as well as the institutional setup and organisation of road safety management in a country. Analogue indicators for the Covid-19 mortality may also include socioeconomic and demographics, as well as indicators related to the quality of the healthcare system and the overall wellbeing of the population. Regarding exposure, there are well known traffic risk indicators e.g. vehicle-kilometres of travel, and relevant indicators in the Covid-19 context concern the number of infections. In both cases, the share of vulnerable groups of each pandemic among the population need to be taken into account.

Programs and measures, in the next layer, may include in each case the specific regulations and measures in place for risk prevention and control; in the traffic mortality case, these range from speed limits and protective devices, to vehicle and road regulations, while in the covid-19 case they mostly include social distancing, hygiene measures, mobility restrictions and activity area closures. It is noted that the latter type of measures are very rare and in practice not applicable in the traffic context, although it is well known that traffic mortality decreases with decreased exposure. In both cases, the enforcement of measures is a key additional component.

Finally, the ‘behavioural’ layer of KPIs may be the most challenging to assign specific quantitative indicators. In the traffic context, the behaviour of drivers regarding key regulations is typically used through a number of indicators (see Table 1). In the case of the Covid-19 pandemic, there are no data available measuring the compliance of the population. However, it can be assumed that the virus reproduction rate (R) is an approximation of the operational level of risk, since it expresses the speed of virus spread among the population and the risk of observing more fatalities as a result.

The selection of indicators in Table 1 is not exhaustive; it serves as an indicative classification of certain commonly used indicators in traffic safety and other epidemiological studies – a full description of the data used in this research is given in the next section.

Data description and sources

The data used in this research were selected from a number of international databases and sources, in order to obtain the types of indicators per layer shown in Table 1. The traffic fatality data are largely retrieved from the WHO Global Status Report on Road Safety (2018), which includes the latest official country indicators. These are complemented with additional socioeconomic indicators from the World Bank and the International Road Federation (IRF). The Covid-19 data and health / policy related indicators are retrieved from a publicly available dataset including indicators from official sources for year 2020, compiled by Our World in Data (Ritchie et al., 2020). These include Covid-19 cases and mortality statistics from the Data Repository of the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University (JHU) and other international databases (e.g. UN, World Bank, etc.). It is noted that the Human Development Index is thereby defined as a composite index measuring average achievement in three basic dimensions of human development: a long and healthy life, knowledge and

a decent standard of living. The Covid-19 government response ‘stringency index’ is defined as a composite measure based on 9 response indicators including school closures, workplace closures, and travel bans, rescaled to a value from 0 to 100 (100 = strictest response), based on Hale et al. (2021).

The descriptive statistics of the examined variables are shown in Table 2. Data were collected for all countries, excluding countries with population less than 250,000 inhabitants, due to very low number of fatalities. From the remaining countries, some were excluded because there was not sufficient data available (e.g. key indicators missing) for either one of the two mortalities. Moreover, one country (Peru) was excluded as an outlier with very high mortality rate in the Covid-19 data. This resulted in a usable dataset of 105 countries; their geographical distribution is shown in Figure 1. The seat belt and helmet wearing rates of drivers included several missing values; these were replaced by the mean value of the country income category (i.e. low income countries defined by $GDP < \$1,036$, low-middle income countries $\$1,036 \leq GDP \leq \$4,045$, high-middle income countries $\$4,046 \leq GDP \leq \$12,035$ and high income countries $> \$12,535$, as per the World Bank categorization of year 2020).

TABLE 2. Variables descriptive statistics and sources

Socioeconomic data	Source	Mean	SD	Min	Max
Population (million people)	World Bank	66.82	197.635	2.689	1444.216
Population density (number of people per square kilometres)	World Bank	206.94	777.684	1.98	7915.731
Mean age (years)	various*	31.99	9.323	15.1	48.2
Proportion of population with age above 65 years	Various	9.933	6.648	1.144	27.049
Proportion of population with age above 70 years	Various	6.332	4.562	0.526	18.493
GDP per capita (US dollars)	Various	20.473	18.714	0.661	85.535
Life expectancy at birth (years)	Various	74.205	7.024	53.28	84.63
Human development index** (out of 1)	UN	0.749	0.154	0.394	0.957
Death rate from cardiovascular disease in 2017 (annual number of deaths per 100,000 people)	Various	252.895	130.22	79.37	724.417
Diabetes prevalence (% of population aged 20 to 79) in 2017	Various	7.36	3.421	0.99	17.72
Number of hospital beds per thousand people	Various	3.029	2.607	0.1	13.05
Covid-19 data		Mean	SD	Min	Max
COVID-19 mortalities in 2020	CSSE-JHU	24258.4	63182.47	2	515513
Total confirmed cases of COVID-19	CSSE-JHU	1054106	3205886	509	28805150
Mean reproduction rate (R) across 2020	various*	1.065	0.144	0.036	1.22
Std deviation of reproduction rate across 2020	Various	0.306	0.106	0.084	0.64
Maximum reproduction rate across 2020	Various	2.205	0.723	0.4	5.39
Minimum reproduction rate across 2020	Various	0.608	0.201	0.1	1
Proportion of days in 2020 with R higher than 1	Various	0.672	0.194	0	1.061
Mean stringency index (out of 100)	Various	61.961	12.518	14.755	87.918
Standard deviation stringency index	Various	15.504	4.656	3.06	31.031
Maximum stringency index	Various	85.415	12.45	27.31	100
Minimum stringency index	Various	17.041	13.119	0	61.11
Traffic safety data		Mean	SD	Min	Max
Road traffic fatalities	WHO	11249.752	38353.642	143	299091
Proportion of population with no access to public transport	UN & EC DG REGIO	0.454	0.307	0.013	0.926
% of paved roads on the road network (2018 or latest year available)	IRF	60.665	30.109	2.920	100.00

% of motorways on the road network (2018 or latest year available)	IRF	2.422	2.335	0.010	21.410
% of motorcycles in the vehicle fleet (2018 or latest year available)	WHO	22.757	21.986	0.002	93.023
Existence of a road safety lead agency	WHO	0.924	0.267	0	1
The lead agency is funded	WHO	0.743	0.439	0	1
Existence of national road safety strategy	WHO	0.848	0.361	0	1
The strategy is funded	WHO	0.481	0.285	0	1
Existence of fatality reduction target	WHO	0.714	0.454	0	1
Maximum speed limits on urban roads >50 km/hr	WHO	0.048	0.214	0	1
Maximum speed limits on rural roads >120 km/hr	WHO	0.305	0.463	0	1
BAC limits less than or equal to 0.05 g/dl	WHO	0.581	0.498	0	1
Effectiveness of seat-belt law enforcement	WHO	5.92	2.315	0	10
Effectiveness of drink-driving law enforcement	WHO	5.98	2.457	0	10
Effectiveness of speed law enforcement	WHO	5.782	2.281	0	10
Effectiveness of helmet law enforcement	WHO	6.109	2.545	0	10
Seat-Belt wearing rate-Front (2016 or latest available year)	WHO	59.767	28.434	3.5	98
Helmet wearing rate-driver (2016 or latest available year)	WHO	67.8	28.179	6.2	100

* Various official sources compiled by Our World in Data (<https://github.com/owid/covid-19-data/blob/master/public/data/README.md>)

** Values for 2019, imported from <http://hdr.undp.org/en/indicators/137506>

*** Estimated on the basis of various official sources, by Our World in Data here (<https://ourworldindata.org/covid-stringency-index>; https://github.com/OxCGRT/covid-policy-tracker/blob/master/documentation/index_methodology.md)

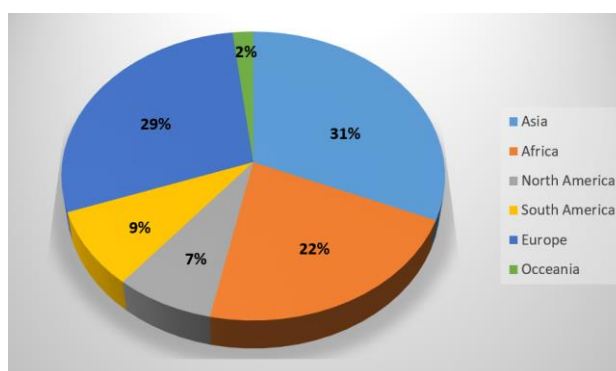


FIGURE 1. Distribution of studied countries per continent in the sample

Model development

On the basis of the hypotheses presented above and using regression analysis, we model the mortality rates (i.e. fatalities per population) of countries around the globe as a function of indicators reflecting the layers of the SUNflower pyramid. Since both mortality rates are positive variables, and exhibit

skewed distributions of frequencies, deviating from the normal distribution, a logarithmic transformation was applied on the dependent variable in this regression analysis. This is in accordance with epidemiological and traffic mortality theoretical models, in which the response follows a normal (often in case of large data counts – see Papadimitriou et al., 2013) or exponential family distribution – with the rates obtained as the number of outcomes divided by the population.

Let Y_i be a dependent variable representing mortality rate –the total number of deaths, caused by COVID-19 or by traffic crashes, in country i divided by its population (i.e. COVID-19 mortality rate or road traffic mortality rate in country i). Applying a logarithmic transformation on Y_i , a log-linear regression model can be employed to correlate this dependent variable with explanatory variables:

$$\log(Y_i) = \beta X_i + \varepsilon_i \quad \text{Equation (1)}$$

where β are estimable parameters, X_i are explanatory variables (e.g. exposure, structural component, measures, and KPI) and ε_i is a random error term. Assuming that ε_i follows a normal distribution, the estimable parameters of this model can be obtained by the Ordinary Least Squares (OLS) estimation approach (Washington et al., 2020).

The correlations of variables were examined and variables with a correlation coefficient higher than 0.6 were not inserted jointly into the models. This often resulted in only one or two variables being represented for each layer. However, in some cases a principal component analysis (PCA) was applied on strongly correlated set of (more than two) variables within the same layer (see Table 1), resulting in a composite variable / construct which was used in the model. As mentioned, certain indicators of the dataset were already composite variables / constructs (e.g. the stringency index).

R-squared (R^2) is used to assess the goodness of fit for this log-linear model. R-squared can be calculated as:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2} \quad \text{Equation (2)}$$

where \hat{Y}_i is the predicted death rate and \bar{Y} is the mean of observed death rates across all countries. R-squared is bounded between zero and one and a higher R-squared (closer to 1) indicates improved goodness of fit.

Modelling results

Table 3 shows the parameter estimates for the statistically significant variables of the log-linear model of country traffic mortality rates. The R-squared of the model was 0.76, and a confidence level of 95% was used to assess the statistical significance of explanatory variables (p-value<0.050). The parameter estimates can be interpreted as follows: two structural indicators among those tested were found to be significant i.e. the GDP per capita and the share of paved roads – both reflecting the economic situation of a country – and both were found to be associated with lower mortality rates, which is intuitive. Moreover, three exposure indicators were significant in the model, but not with the same sign (hence it was decided not to perform a PCA on these variables). More specifically, increased share of population with no convenient access to public transport is associated with higher traffic mortality; this indicator is used as a proxy of urbanisation, therefore less urbanisation leads to higher mortality rate overall – a similar effect as the one reflected by the structural variables. A similar effect is indicated by the share of motorcycles in the fleet, which represents the traffic patterns of several countries with high number of motorcycles traffic, e.g. southern European countries and certain African and Asian countries. At the same time, a higher share of older population is associated with lower mortality rate, an effect which is also associated with the degree of industrialisation and overall wellbeing of a country population.

For the impact of the ‘programs and measures’, a principal component was constructed including the indicators of effectiveness of traffic enforcement of speeding, drink-driving and protective systems. This composite variable was strongly associated with lower traffic mortality rates. Regarding KPIs, the seat-belt wearing rate of drivers was tested but found to be not statistically significant and is only presented for illustration purposes. This is not surprising, since this variable was moderately correlated with structural and measures variables e.g. GDP, enforcement. Moreover, this variable (and the other variables related to use of protective systems) had many imputed values. It is also likely that the operational level of safety, which is to be reflected at the KPI layer, is partly captured by the effectiveness of enforcement, which in our study was tentatively assigned to the ‘measures’ layer.

TABLE 3. Parameter estimates of the log-linear model of country traffic mortality rates

	Mean	St Error	z	p-value
Intercept	2.841	0.176	16.115	0.000
Structural: GDP per capita	-0.012	0.003	-4.006	0.000
Structural: % of paved roads	-0.004	0.001	-2.413	0.018
Exposure: % of the population that has no (convenient) access to public transport	0.670	0.158	4.233	0.000
Exposure: % of people with age>70	-0.033	0.010	-3.362	0.001
Exposure: % of motorcycles in the vehicle fleet	0.003	0.002	1.728	0.087
Measures: Principal component* [effectiveness of enforcement of seatbelt; effectiveness of enforcement of drink driving; effectiveness of enforcement of speed; effectiveness of enforcement of helmet laws]	-0.059	0.027	-2.228	0.028
SPI: Seatbelt wearing rate (front)	0.001	0.002	0.286	0.776

*Measures PC has positive correlation with all contained indicators.

Table 4 shows the parameter estimates for the statistically significant variables of the log-linear model of country Covid-19 mortality rates. The R-squared of the model was 0.74. In this case, none of the structural variables tested, i.e. GDP per capita and number of hospital beds per population, was found to be statistically significant, possibly because they are strongly correlated with other exposure and measures indicators. For the effect of exposure on Covid-19 mortality rate, a principal component was estimated on the basis of the share of the population with positive cases (infections), and the shares of older people (>65 and >70 years old) in the population. As expected, the score of this composite variable is positively associated with mortality rates.

Two composite variables (not estimated in our study but found as such in the available dataset) were found to be significant in the measures layer. The mean stringency index, which is a composite indicator based on 9 variables including school closures, workplace closures, and travel / mobility bans was found to be associated with higher mortality rates. While this may seem counter-intuitive, it should be kept in mind that during the first year of the Covid-19 pandemic (2020) governments response was more reactive than proactive, and in many countries measures and restrictions were introduced in order to contain an already high spread of the virus among the population. A similar effect corresponds to the standard deviation of the stringency index, possibly indicating that countries with more variation in the number and duration of restrictions were more affected by covid-19 mortality. Finally, the KPI layer is expressed by the proportion of days with a virus reproduction rate (R) higher than one, which is associated with higher mortality. This variable may partially reflect exposure, but also (as assumed here) a higher duration of periods of rapid spread of the virus, which obviously results in higher mortality.

TABLE 4. Parameter estimates of the log-linear model of country Covid-19 mortality rates

	Mean	St Error	Z	p-value
Intercept	-4.735	0.733	-6.460	0.000

Structural: GDP per capita	0.063	0.148	0.423	0.673
Exposure: Principal component** [% of population with positive cases, % of people with age>65, % of people with age>70]	0.643	0.090	7.128	0.000
Measures: Mean stringency index in 2020	0.047	0.011	4.396	0.000
Measures: Standard deviation of stringency index in 2020	0.085	0.025	3.463	0.001
SPI: Proportion of days in 2020 with R number above 1	4.584	0.776	5.908	0.000

**Exposure PC has positive correlation with all contained indicators.

Discussion

The above results reveal several interesting patterns. First, it is noted that the effect of exposure is consistent in the two models, confirming the basic assumptions of both epidemiological risk and traffic risk. Moreover, in both models the impact of the exposure of vulnerable populations, e.g. motorcyclists for the traffic ‘pandemic’, older people in both pandemics, has a significant additional effect on that of the ‘baseline’ exposure which is expressed by country size itself, as well as urbanisation / industrialisation indicators as a proxy of traffic in the traffic ‘pandemic’, and number of infections in the covid-19 pandemic.

The layer of ‘measures’ appears to have an opposite impact in the two pandemics. While the composite variable ‘effectiveness of enforcement’ was found to reduce traffic mortality, the composite variable ‘stringency index’ was found to increase Covid-19 mortality. It is important to keep in mind the different risk mechanisms of the two pandemics, as well as the difference in ‘emergency thinking’ between the two. While the traffic safety measures are generally well established ones, resulting from decades of knowledge and experience with traffic mortality, the covid-19 restrictions were imposed quite abruptly, in order to reactively contain an unprecedented threat. Moreover, the covid-19 restrictions presented a lot of variation during the examined year 2020, while traffic enforcement is implemented in a continuous ‘business as usual’ mode. It is also interesting to note that the stringency index includes traffic mobility restrictions, which had a positive effect on Covid-19 outcomes, and reducing traffic is a well-known positive factor for traffic mortality – although not ever implemented as a formal restriction and to this extent.

KPIs were not found to be statistically significant in the traffic ‘pandemic’, which is surprising but can be attributed to the lack of sufficient data in this layer of the pyramid and to the strong correlation with structure and measures in most countries. It is well known in traffic safety macroscopic analyses that GDP per capita is a very strong indicator, which can capture a large share of exposure, policy input and output and operational level of safety in a country. On the other hand, GDP per capita was not significant in the Covid-19 pandemic, due to its correlation with other sociodemographic and policy variables which varied more with respect to Covid-19 mortality. For the covid-19 pandemic, however, the selected KPI was found to have a very strong effect on mortality. These differences can be attributed to the different types of pandemics, as described above.

All available variables shown in Table 2 were considered for the models development. Some of them were rejected and not tested due to very small variability between countries (e.g. the existence of a traffic safety Lead Agency, visions and targets for road safety). Others were rejected due to strong correlations with other variables (e.g. the human development index); in each case, the variables selected as optimal ones to be included were those with a significant and robust effect (i.e. effect that was not changing in different model formulations), which was also in line with the existing literature on macroscopic risk modelling in general, and SUNflower applications in particular.

This study has limitations. As an exploratory macroscopic analysis, it did not take into account detailed characteristics of the two pandemics, e.g. the detailed mechanisms of crash occurrence or disease transmission. Moreover, it was limited to two snapshot years of each pandemic; especially for the covid-19 pandemic, measures such as face masks and vaccinations, which were broadly introduced at later

stages, were not taken into account. It would be interesting to repeat the exercise for year 2021, when the perceived urgency of the pandemic decreased and different types of measures and restrictions were introduced, while mobility and activity bans were considerably loosened. Finally, it is obvious that Covid-19 epidemiological knowledge is not adequately integrated in our study, and this will be pursued in further research, for the improvement of the models and the more in-depth interpretation of the findings.

Conclusions

This research tested the usability of the SUNflower methodological framework for identifying explanatory factors in two different yet equally burdensome pandemics: the recent Covid-19 disease pandemic, and the traffic crashes long going yet unidentified ‘pandemic’. It was found that the SUNflower model can be applied to describe the policy input and output of both causes of mortality, and its impact on the operational level of risk and eventually the final outcomes. It was also indicated that it is feasible to express the interrelations of the SUNflower pyramid for a snapshot in time through a quantitative model for each pandemic, as long as the correlations between layers and indicators are carefully handled.

The modelling results suggest that structural and exposure patterns are key determinants of the final outcomes in both pandemics. It is noted however that structural elements are often ‘hidden’ in the variable values of all layers of the pyramid. On the other hand, the impact of measures and KPIs present mixed effects in the two pandemics, which are attributed to their basic differences in onset, duration, perceived urgency and the nature of the events of interest in each case (viral infections vs. accidents). In our exploratory analysis, some of the layers of the pyramid were represented by one or two basic uncorrelated variables, while for others a composite variable was used or estimated. In future research, a more extensive analysis will be carried out in order to include all potential determinants in composite variables.

The usefulness of these preliminary results is twofold: from the Covid-19 policy perspective, it could be useful to use formal conceptual frameworks of safe systems management, such as the SUNflower framework, in order to model the relevant mortality in a more structured and comprehensive way. To the best of the author’s knowledge, this is the first paper that attempts to model the covid-19 pandemic at global level and compare it with another major cause of mortality.

From the traffic safety perspective, the interest of these results lies on the strong indication that major causes of mortality may be described by a similar safety management model, therefore traffic safety experts and policy makers should seek a more systematic transfer of knowledge from the epidemiological and health sector. Of course, the Covid-19 pandemic has major differences from the traffic safety one; however, the impacts of structural, exposure and measures indicators in the Covid-19 pandemic may be taken into account in view of future disruptive phenomena or events in the traffic safety context. Such phenomena may include the forecasted rapid increase in motorization in several low-income countries, which may result in a rapid rise in traffic casualties, but also a rapid increase in penetration of new technologies and vehicle automation among industrialised countries, which may result in a rapid increase of new accident mechanisms on the road. This type of striking changes may alter the course of the traffic safety pandemic and bring an increased emergency in handling it.

Finally, the impact of traffic exposure in both pandemics needs to be examined in more detail. The acceptance of mobility restrictions due to the covid-pandemic may be exploited for a new thinking in traffic safety as an emergency, not by introducing such intense mobility restrictions, but by strongly promoting low-risk and sustainable transport modes such as public transport, which was found in our study to be associated with low traffic mortality risk.

Authors contributions and acknowledgements

The authors confirm contribution to the paper as follows: Eleonora Papadimitriou: Conceptualization, Methodology, Investigation, Writing – original draft; Amir Pooyan Afghari: Methodology, Investigation, Data curation; Formal Analysis; Writing – review & editing. Pieter van Gelder: Conceptualization, Methodology, Investigation, Writing – review and editing. an acknowledgement to TKI ClickNL for their financial contribution from the PPS-Programmatoeslag TKI2206 under project code CI2022-IP010.

References

- Antonioniou C., Yannis G., Papadimitriou E., Lassarre S. Relating traffic fatalities to GDP in Europe on the long term (2016). *Accident Analysis & Prevention* 92, pp. 89-96.
- Balmford, B., Annan, J.D., Hargreaves, J.C., Altoè, M. and Bateman, I.J. Cross-country comparisons of COVID-19: Policy, politics and the price of life (2021). *Environmental and Resource Economics*, 76 (4), pp.525-551.
- Banik, A., Nag, T., Chowdhury, S.R. and Chatterjee, R.. Why do COVID-19 fatality rates differ across countries? An explorative cross-country study based on select indicators (2021). *Global Business Review* 21 (3), pp.607-625.
- Bliss, A. & Breen, J. *Country guidelines for the conduct of road safety capacity reviews and the specification of lead agency reforms, investment strategies and safe system projects* (2009). World Bank Global Road Safety Facility, Washington, D.C.
- Borsos A., Koren C., Ivan N. J., Ravishanker N.. Long-Term Safety Trends as a Function of Vehicle Ownership in 26 Countries (2012). *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2280, pp. 154–161.
- Bouba, Y., Tsinda, E.K., Fonkou, M.D.M., Mmbando, G.S., Bragazzi, N.L. and Kong, J.D. The determinants of the low COVID-19 transmission and mortality rates in africa: a cross-country analysis (2021). *Frontiers in public health* 9.
- Castex, G., Dechter, E. and Lorca, M.. COVID-19: The impact of social distancing policies, cross-country analysis (2021). *Economics of disasters and climate change*, 5(1), pp.135-159.
- de Palma A., Vosough S., Liao F. (2022). An overview of effects of COVID-19 on mobility and lifestyle: 18 months since the outbreak. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 159, pp. 372-397
- European Road Safety Observatory. *Country profiles*, 2021. Available on-line at: https://road-safety.transport.ec.europa.eu/statistics-and-analysis/data-and-analysis/country-profiles_en . Accessed July 2022.
- Hale, T., Angrist, N., Goldszmidt, R., Kira, B., Petherick, A., Phillips, T., ... & Tatlow, H. (2021). A global panel database of pandemic policies (Oxford COVID-19 Government Response Tracker). *Nature human behaviour*, 5(4), 529-538.
- Hedlund, J., Arnold, R., Cerrelli, E., Partyka, S., Hoxie, P., Skinner, D.. An assessment of the 1982 traffic fatality decrease (1984). *Accident Analysis and Prevention* 16(4) , pp. 217–261.
- Hermans E., Brijs T., Wets G. & Vanhoof K.. Benchmarking road safety: Lessons to learn from a data

envelopment analysis (2009). *Accident Analysis and Prevention* 41, pp. 174–182.

Jobs, S. Can COVID-19 teach us something for the road safety epidemic? (2020). Published in Transport for Development, a World Bank blog. Available on-line at: <https://blogs.worldbank.org/transport/can-covid-19-teach-us-something-road-safety-epidemic>. Accessed July 2022.

Kallidoni, M., Katrakazas, C., & Yannis, G. (2022). Modelling the relationship between covid-19 restrictive measures and mobility patterns across Europe using time-series analysis. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 22(2), 161–182.

Katrakazas C, Michelaraki E, Sekadakis M, Yannis G. A descriptive analysis of the effect of the COVID-19 pandemic on driving behavior and road safety (2020). *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*:100186.

Koornstra M., Lynam D., Nilsson G., Noordzij P., Pettersson H. E., Wegman F., Wouters P. (2002) *SUNflower - A comparative study of the development of road safety in Sweden, the United Kingdom, and the Netherlands*. Final report. SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam, 2002.

Kopits, E., Cropper, M. (2005). Traffic fatalities and economic growth. *Accident Analysis and Prevention* 37, pp. 169– 178.

Kweon, Y.-J. (2011) What affects annual changes in traffic safety measures in Virginia? macroscopic perspective. *TRB 90th Annual Meeting Compendium of Papers DVD*, 2011. Transportation Research Board, Washington DC.

Lassarre, S. (2001) Analysis of progress in road safety in ten European countries. *Accident Analysis and Prevention* 33, pp. 743–751.

Page, Y. (2001). A statistical model to compare road mortality in OECD countries. *Accident Analysis and Prevention* 33, pp. 371–385.

Papadimitriou E., Yannis G., Bijleveld F., Cardoso J.L. (2013). Exposure Data and Risk indicators for Safety Performance Assessment in Europe. *Accident Analysis & Prevention* 60, 371-383.

Papadimitriou E. & Yannis G. (2013). Is road safety management linked to road safety performance? *Accident Analysis and Prevention* 59, pp. 593-603.

Pardhan, S. and Drydakis, N. (2021). Associating the change in new COVID-19 cases to GDP per capita in 38 European countries in the first wave of the pandemic. *Frontiers in Public Health*, 8, p.582140.

Paul T., Chakraborty R., Anwari N. (2022) Impact of COVID-19 on daily travel behaviour: a literature review, *Transportation Safety and Environment* 4(2).

Ritchie H., Mathieu E., Rodés-Guirao L., Appel C., Giattino C, Ortiz-Ospina E., Hasell J., Macdonald B., Beltekian D. and Roser M. *Coronavirus Pandemic (COVID-19)*, 2020. Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: 'https://ourworldindata.org/coronavirus' [Online Resource].

Shelat S., Cats o., van Cranenburgh S. (2022). Traveller behaviour in public transport in the

early stages of the COVID-19 pandemic in the Netherlands. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 159, pp. 357-371,

UNECE Sustainable Transport Division. *SafeFITS – Safe Future Inland Transport Systems*, 2018. UNECE, Geneva.

Vanlaar WGM, Woods-Fry H, Barrett H, Lyon C, Brown S, Wicklund C, Robertson RD (2021). The impact of COVID-19 on road safety in Canada and the United States. *Accident Analysis & Prevention* 160:106324.

Washington, S., et al., *Statistical and econometric methods for transportation data analysis*. 2020: CRC press.

Wegman, F., Eksler, V., Hayes, S., Lynam, D., Morsink, P. and Oppe, S. (2005). SUNflower: A comparative study of the development of road safety in the SUNflower+6 countries: Final Report. SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam, the Netherlands.

WHO Coronavirus Covid-19 Dashboard <https://covid19.who.int/> (Accessed July 2022)

WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID19 -March 2020.

WHO. *Global Status Report on Road Safety*. WHO, Geneva, 2018.

Yalaman, A., Basbug, G., Elgin, C. and Galvani, A.P. (2021) Cross-country evidence on the association between contact tracing and COVID-19 case fatality rates. *Scientific reports* 11(1), pp.1-6.

Yannis G., Papadimitriou E., Folla K. (2014) Effect of GDP changes on road traffic fatalities. *Safety Science* 63, pp. 42-49.

Yannis G.. Road Traffic Accidents Pandemic versus Covid-19 Pandemic, 2020. Available online at: <https://www.georgeyannis.com/road-traffic-accidents-pandemic-versus-covid-19-pandemic/>. Accessed July 2022

Yannis, G., Antoniou, C., Papadimitriou, E., Katsochis, D. (2011). When may road fatalities start to decrease? *Journal of Safety Research* 42 (1), pp. 17–25.