



Tweede rapport modellering SARS-CoV-2 infecties in het voortgezet onderwijs

7 juli 2021



Dit rapport is opgesteld door Drs. M. Pham, Drs. I. Westerhof en Dr. P. Bruijning-Verhagen
Bij de analyses waren daarnaast betrokken G. Rozhnova, M. Bootsma en M. Kretzschmar

UMCU UTRECHT, Heidelberglaan 100 Utrecht

Contents

Samenvatting	2
Introductie.....	3
Onderzoeksvragen	3
Methoden.....	3
School karakteristieken.....	4
Contact netwerk	4
Kenmerken van de infectie en overdracht.....	5
Immuniteit tegen SARS-CoV-2	5
Inzet SARS-CoV-2 testen.....	5
Scenario's	5
Introducties vanuit de samenleving	6
Het R-getal.....	6
Calibratie.....	7
Extrapolatie model resultaten naar landelijke aantallen.....	7
Weergave resultaten.....	7
Resultaten	8
Situatie bij alfavariant.....	8
Situatie bij deltavariant.....	14
Variërende besmettingsniveaus in de samenleving en dominantie van de deltavariant ($R=1.05$)	
Discussie.....	23
Conclusie	24
Bronnen.....	25

Samenvatting

Inleiding Het UMC Utrecht heeft in opdracht van het ministerie van OCW een tweede onderzoek gedaan naar het verwachte effect van het testen van leerlingen en docenten van het voortgezet onderwijs op het aantal besmettingen bij leerlingen en docenten en de absenties.

Methode Er is gebruik gemaakt van hetzelfde wiskundig model als bij het eerste onderzoek om SARS-CoV-2-transmissie in een middelbare school te simuleren en zo het aantal school-gerelateerde besmettingen te schatten. Voor de ontwikkeling van het model werd gebruik gemaakt van gegevens die werden verzameld tijdens de pilot met risicogericht testen die dit voorjaar in 45 scholen van het voortgezet onderwijs heeft plaatsgevonden. Er werden verschillende teststrategieën met elkaar vergeleken, alsmede het wel/niet toepassen van quarantaine regels voor categorie 2 contacten in de school. Als uitgangssituatie is het besmettingsniveau van SARS-CoV-2 infecties in de maand Juni 2021 gebruikt. In het basisscenario is gerekend met een school met volledige bezetting met basismaatregelen t.a.v. quarantaine en isolatie, zoals dit in Juni 2021 gold. De vergelijkende scenario's betroffen volledige bezetting zonder quarantaine, volledige bezetting met risicogericht testen, volledige bezetting met risicogericht testen zonder quarantaine, volledige bezetting met 2x per week preventief testen en volledige bezetting met 2x per week preventief testen zonder quarantaine. Op basis van de pilot data werd gerekend met een deelname aan risicogericht testen van 50% en voor preventief testen van 30%. Voor ieder scenario werd het aantal school-gerelateerde infecties en het effect op de absenties over de periode van 1 maand geschat aan de hand van 200 simulaties. Voorts is op basis van deze schattingen en extrapolatie gemaakt naar de aantallen te verwachten school-gerelateerde infecties op nationaal niveau.

Resultaten Twee keer per week preventief testen is de meest effectieve, zelfs bij een deelnamebereidheid van 30%. Het opheffen van quarantaine maatregelen gaf in alle scenario's een toename in aantallen school-gerelateerde infecties, al is de toename voor zowel de situatie met de alfavariant als de deltavariant relatief beperkt (<10% verschil) wanneer preventief testen wordt ingezet. Met een vaccinatiegraad van 85% onder docenten is het aantal te verwachten school-gerelateerde infecties onder hen verwaarloosbaar in alle onderzochte scenario's. Berekeningen met een hoger R-getal passend bij de deltavariant leiden er toe dat in alle scenario's het aantal school-gerelateerde infecties toeneemt, bij gelijkblijvend besmettingsniveau in de samenleving. Ook neemt de kans op grote uitbraken toe. De relatieve effectiviteit van de verschillende onderzochte scenario's verandert hierbij niet tot nauwelijks.

De absolute effecten van de verschillende scenario's op aantallen besmettingen hangen sterk samen met het besmettingsniveau in de samenleving en de daaruit voortkomende infectie introducties in de school. Ook is de rol van scholen als 'versterker' van de epidemie afhankelijk van het aantal introducties en wordt de doelmatigheid van preventief testen hierdoor bepaald. Het modelmatig onderzoek geeft inzicht in welke effecten te verwachten zijn van de verschillende scenario's afhankelijk van het besmettingsniveau in de samenleving.

Introductie

In opdracht van het ministerie van OCW heeft het UMCU modelleringsonderzoek uitgevoerd naar verschillende coronamaatregelen en teststrategieën in het voortgezet onderwijs (VO) en het effect hiervan op het aantal school gerelateerde besmettingen en absenties. In een eerste rapport zijn resultaten beschreven waarbij situaties met volledige en halve leerlingbezetting zijn onderzocht, inzet van risicogericht testen en van preventief testen met een frequentie van een of twee keer per week, en het (vervroegd) vaccineren van docenten. Het besmettingsniveau in de samenleving van Maart 2021 vormde de basis voor de simulaties. In dit tweede rapport wordt opnieuw gekeken naar inzet van verschillende teststrategieën, alsmede het wel/niet instellen van quarantaine maatregelen voor categorie 2 schoolcontacten. Het besmettingsniveau in de samenleving van Juni 2021 vormt de basis voor de simulaties om de verschillende strategieën met elkaar te vergelijken. Voorts is als tweede basis de verwachte situatie in Augustus/September 2021 genomen waarbij de Delta variant van het coronavirus dominant is, die wordt gekenmerkt door een hogere besmettelijkheid.

Onderzoeksvragen

De volgende onderzoeksvragen zijn met behulp van modellering geadresseerd;

- Wat is het absolute en relatieve effect van verschillende teststrategieën op het aantal school-gerelateerde infecties en absenties onder leerlingen en docenten voor de situatie in Juni 2021 en voor de verwachte situatie in Augustus/September 2021?
- Wat is het absolute en relatieve effect van wel/niet handhaven van quarantaine maatregelen voor personen binnen de school die als categorie 2 contacten worden aangemerkt (nauwe contacten) op school-gerelateerde infecties en absenties?
- Wat is het te verwachten effect van verschillende teststrategieën bij een oplopend besmettingsniveau in de samenleving, en derhalve een oplopend aantal introducties van besmettingen in de scholen dit najaar?

Methoden

Voor het modelmatig onderzoek is er gebruik gemaakt van gegevens die zijn verzameld tijdens de pilot met risicogericht antigeen sneltesten in het voortgezet onderwijs. In totaal hebben 45 scholen aan deze pilot meegedaan in de periode februari-april 2021. Tijdens de pilot zijn gegevens verzameld over besmettingen in scholen, de uitvoering van het risico-gericht testen en de resultaten hiervan. Daarnaast zijn leerlingen en docenten die voor een testronde werden uitgenodigd bevraagd over de contacten die zij zoal hebben met (mede)leerlingen en docenten binnen en buiten de school.

In dit rapport worden de volgende definities gebruikt:

- Basis maatregelen: isolatie symptomatische en asymptomatische gevallen met een SARS-CoV-2 besmetting en quarantaine van hun nauwe contacten (categorie-3 contacten).
- Contacten: leerlingen/docenten die onderling een face-to-face gesprek voerden of elkaar aanraakten.
- Volledige bezetting: leerlingen gaan elke lesdag naar school.

School karakteristieken

Het model is gebaseerd op een gemiddelde middelbare school, bestaande uit 944 leerlingen en 72 docenten, verdeeld over verschillende leerjaren zodat een goed gemiddelde van het onderwijs is meegenomen in het onderzoek (**Tabel 1**; bron: pilot data).

Tabel 1 Samenstelling gemiddelde school.

	No.
Aantal leerlingen	944
Aantal docenten	72
Aantal leerjaren	6
Aantal klassen per leerjaar	7, 6, 8, 7, 5, 3
Aantal leerlingen per klas per leerjaar	23, 29, 23, 29, 30, 23

Contact netwerk

De mate van onderlinge besmetting hangt oa. af van de contacten tussen leerlingen en docenten. Deze contacten worden in de model-school verwerkt middels een 'contact-netwerk', gebaseerd op gegevens die tijdens de pilot zijn verzameld van leerlingen en docenten aan de hand van vragenlijsten (face-to-face gesprekken en/of personen aangeraakt). Zo'n contactennetwerk is van belang om verspreiding van corona infecties binnen de school nauwkeurig te kunnen inschatten.

Voor leerlingen is er onderscheid gemaakt in contacten binnen en buiten de klas en binnen en buiten het eigen leerjaar. Leerlingen hebben de meeste contacten met klasgenoten en leerlingen uit hetzelfde leerjaar (**Tabel 2**).

Tabel 2 Contactmatrix leerlingen. Contact (face-to-face gesprek en/of aangeraakt) met andere leerlingen.

Leerjaar	1	2	3	4	5	6	Contacten in dezelfde klas
1	3	0	0	0	0	0	6
2	2	5	1	0	0	0	5
3	1	1	5	0	0	0	6
4	1	1	2	7	1	1	8
5	0	0	0	1	7	1	8
6	0	0	0	1	2	7	11

Voor docenten is er onderscheid gemaakt in contacten met leerlingen en met anderen docenten. Docenten hebben gemiddeld contact met zes andere docenten tijdens de schooluren. Voor contacten tussen docenten en leerlingen is uitgegaan van gemiddeld twee à drie verschillende klassen per dag die zij lesgeven (deze schatting houdt rekening met part-time werkende docenten en is in lijn met gegevens over het gemiddeld aantal lessen van een voltijds docent). Gemiddeld hebben docenten per dag met acht van deze leerlingen een contact bij volledige bezetting. Het gaat dan om leerlingen met wie zij bijvoorbeeld een 1-op-1 interactie hebben. Leerlingen hebben gemiddeld vijf verschillende docenten van wie zij les krijgen per dag. Aangezien de contacten tussen docent en leerling doorgaans minder intensief zijn dan contacten tussen leerlingen, is gerekend met een kleinere overdachtskans bij docent-leerling contacten in vergelijking met contacten tussen leerlingen of contacten tussen docenten.

Tevens is rekening gehouden met contacten die leerlingen en docenten buiten schooltijd hebben met personen van dezelfde school. Leerlingen ontmoeten gemiddeld twee andere leerlingen buiten school. Docenten ontmoeten doorgaans geen andere docenten buiten school.

Kenmerken van de infectie en overdracht

De overdrachtskans van een SARS-CoV2 infectie wordt tevens bepaald door de mate van ziek-zijn, de tijd verstreken sinds moment van besmetting en sinds ontstaan symptomen, de leeftijd van personen en maatregelen die worden getroffen om besmetting tegen te gaan (zoals isolatie en quarantaine, mondklappers, afstand houden etc.). Om dit te modelleren is gebruik gemaakt van schattingen die gebaseerd zijn op de pilot en literatuur. Er wordt voor sommige factoren gerekend met marges vanwege onzekerheid, of variabiliteit in de exacte waarde. Voor een overzicht van de belangrijkste waarden die zijn gebruikt in het model verwijzen wij naar de eerste rapportage van het modelleringsonderzoek.

We modelleren een in de tijd variërende besmettelijkheid met een piek op ongeveer 3,75 dagen na het tijdstip van infectie¹. Aangenomen wordt dat geïnfecteerde individuen met symptomen zeven dagen na het begin van de symptomen niet meer besmettelijk zijn. Voor geïnfecteerde personen zonder symptomen (asymptotisch) wordt hiervoor aangehouden zeven dagen na moment van besmetting. Op basis van schattingen van de vatbaarheid en besmettelijkheid van kinderen van 11-17 jaar, gerapporteerd in Davies et al², is gerekend met een verminderde vatbaarheid en besmettelijkheid van de leerlingen ten opzichte van de docenten.

Geïnfecteerde personen kunnen asymptomatisch of symptomatisch zijn. Aangenomen wordt dat het aandeel asymptomatische infecties hoger is onder leerlingen dan onder docenten. Omdat hierover wel enige onzekerheid bestaat, hebben we de kans op het ontwikkelen van een asymptomatische infectie geschat op 17-25% en 15-60% voor respectievelijk docenten en leerlingen. Deze waarden zijn gebaseerd op gegevens die zijn gerapporteerd in de pilotstudie en komen overeen met waarden die in de literatuur worden gevonden³. Van asymptomatisch geïnfecteerde personen wordt aangenomen dat zijn minder besmettelijk zijn dan symptomatisch geïnfecteerde personen. Hoewel er nog steeds onzekerheid bestaat over de besmettelijkheid van asymptomatische infecties ten opzichte van symptomatische infecties, veronderstellen we, gebaseerd op literatuur, 30-70% relatieve besmettelijkheid van asymptomatische infecties³.

Immuniteit tegen SARS-CoV-2

Op basis van seroprevalentie wordt geschat dat ca. 25% van leerlingen en docenten reeds een coronavirusinfectie heeft doorgemaakt en dat zij immuun zijn. Er wordt daarnaast rekening gehouden met het feit dat docenten inmiddels gevaccineerd zijn. Er wordt gerekend met een vaccinatiegraad van 85% onder docenten. Aangenomen wordt dat leerlingen nog niet gevaccineerd zijn. Naar verwachting zal het effect van vaccinatie van leerlingen bij start van het schooljaar nog beperkt zijn, maar zal dit effect in de loop van September groter worden. Dit is echter nog niet in de huidige analyse meegenomen.

Inzet SARS-CoV-2 testen

Er wordt in de berekeningen rekening gehouden met de gevoeligheid van de sneltesten en de onderlinge relatie tussen gevoeligheid van de test en besmettelijkheid van de geïnfecteerde persoon. De testgevoeligheid is hoger ten tijde van hogere besmettelijkheid. Op basis van resultaten gerapporteerd in Smith et al⁴ werd een in de tijd variërende testgevoeligheid voor de PCR-test en antigeentest bepaald. Om rekening te houden met een eventuele verminderde testgevoeligheid vanwege het feit dat er wordt gewerkt met zelf-bemonstering hebben we de gevoeligheidscurve van de antigeentest met 10% verlaagd.

Scenario's

In het modelmatig onderzoek zijn verschillende mogelijke scenario's onderzocht. De vergelijkende scenario's betroffen volledige bezetting met enkel basis maatregelen, volledige bezetting met risicogericht testen en volledige bezetting met 2x per week preventief (pre-emptive screening) testen. Omdat reeds uit een eerdere analyse is gebleken dat 1x per week preventief testen duidelijk minder effectief is, werd dit scenario niet meer verder onderzocht. Voor ieder scenario zijn twee varianten onderzocht; met en zonder

inzet van quarantaine maatregelen voor categorie 2 school-contacten. De reden om het effect van quarantaine nader te bestuderen is dat deze maatregel leidt tot meer afwezigheid van leerlingen (absenties) en derhalve het leerproces beïnvloed. In alle gevallen blijven de overige basismaatregelen (isolatie van besmette personen, thuisblijven bij klachten, etc) onverminderd van kracht.

De onderzochte scenario's zijn weergegeven in **Tabel 3**. Het basisscenario gaat uit van een situatie met volledige bezetting en basismaatregelen, inclusief quarantaine. Voor het scenario met preventief testen d.m.v. antigeentesten is aangenomen dat tweemaal per week wordt getest, op maandag en woensdag. Er wordt gerekend met een deelname aan preventief testen van 30%. In het scenario met risicogericht testen wordt gerekend met 50% deelname (conform pilot).

Tabel 3 Overzicht onderzochte scenario's.

Scenario	Quarantaine en isolatie van symptomatische personen	Risicogericht testen [†]	2x per week preventief testen
Volledige bezetting	✓	-	-
Volledige bezetting zonder quarantaine	-	-	-
Risicogericht testen	✓	✓	-
Risicogericht testen zonder quarantaine	-	✓	-
2x per week preventief testen	✓	-	Maandag, Woensdag
2x per week preventief testen zonder quarantaine	✓	-	Maandag, Woensdag

[†] testen van klasgenoten, docenten en overige niet nauwe contacten van een besmet persoon in school.

Introducties vanuit de samenleving

Voorts hangt het aantal besmetting in school af van het aantal introducties van SARS-CoV2 vanuit de samenleving. Voor de berekeningen op de modelschool is uitgegaan van het niveau van besmettingen in de samenleving van juni 2021. Vervolgens is gekeken hoe het effect van de verschillende scenario's varieert met een hoger of lager niveau van besmettingen in de samenleving. Het besmettingsniveau wordt vertaald naar een verwacht aantal infectie-introducties vanuit de samenleving in de school.

Er wordt aangenomen dat docenten en leerlingen eenzelfde kans hebben om met een besmet persoon buiten school in contact te komen. Voor leerlingen wordt o.b.v. literatuurgegevens aangenomen dat zijn iet minder vatbaar zijn voor het virus in vergelijking met volwassenen.

Het R-getal

Er is gerekend met twee verschillende reproductiegetallen:

- 1) 0.76. Dit getal past bij de situatie in juni 2021 met overwegend circulatie van de alfavariant van het SARS-CoV-2 virus
- 2) 1.05. Dit getal houdt rekening met een hogere besmettelijkheid van de deltavariant, die op moment van schrijven van dit rapport reeds > 50% van alle infecties vertegenwoordigt en vermoedelijk in Augustus/September 2021 de alfavariant grotendeels zal hebben verdrongen.

Opvolgen van maatregelen

Van personen die positief worden getest wordt aangenomen dat ze gedurende 7 dagen in isolatie gaan. Voor quarantaine wordt aangenomen dat men 10 dagen in quarantaine gaat, danwel een PCR test ondergaat na 5 dagen. Hierbij wordt gerekend met 87% compliance. Dit percentage is gebaseerd op gegeven van het RIVM gedragsonderzoek en BCO.

Calibratie

Het model is opnieuw gekalibreerd op de leeftijdsspecifieke positieve testen over de maand juni 2021, zoals wekelijks gerapporteerd door het RIVM. Hierbij is aangenomen dat 50% van de besmettingen wordt gedetecteerd voor leeftijdsgroepen 10-14 en 15-19 jaar.

Extrapolatie model resultaten naar landelijke aantallen

Om een grove schatting te geven van het effect op landelijk niveau, zijn de resultaten van de simulaties voor de modelschool vermenigvuldigd met 1000, hetgeen neerkomt om een populatie van ca. 1 miljoen leerlingen en docenten.

Weergave resultaten

Voor de scenario's worden de volgende resultaten berekend en weergegeven:

- Het aantal school-gerelateerde infecties over de periode van 1 maand. De resultaten van 800 (R-waarde 0.76) en 400 (R-waarde 1.05) simulaties per scenario worden weergegeven met een gemiddelde en 95% betrouwbaarheidsinterval
- De procentuele en absolute verandering in gemiddeld aantal school-gerelateerde infecties per scenario t.o.v. het basisscenario met volle bezetting zonder inzet van testen, maar met quarantaine. Schattingen voor landelijk niveau worden hierbij gegeven.
- De verhouding tussen aantal school-gerelateerde infecties en het aantal introducties vanuit de samenleving over de periode van 1 maand
- Het aantal leerlingen dat absent is ten gevolge van besmettingen of quarantaine en het gemiddeld aantal dagen absent per leerling.

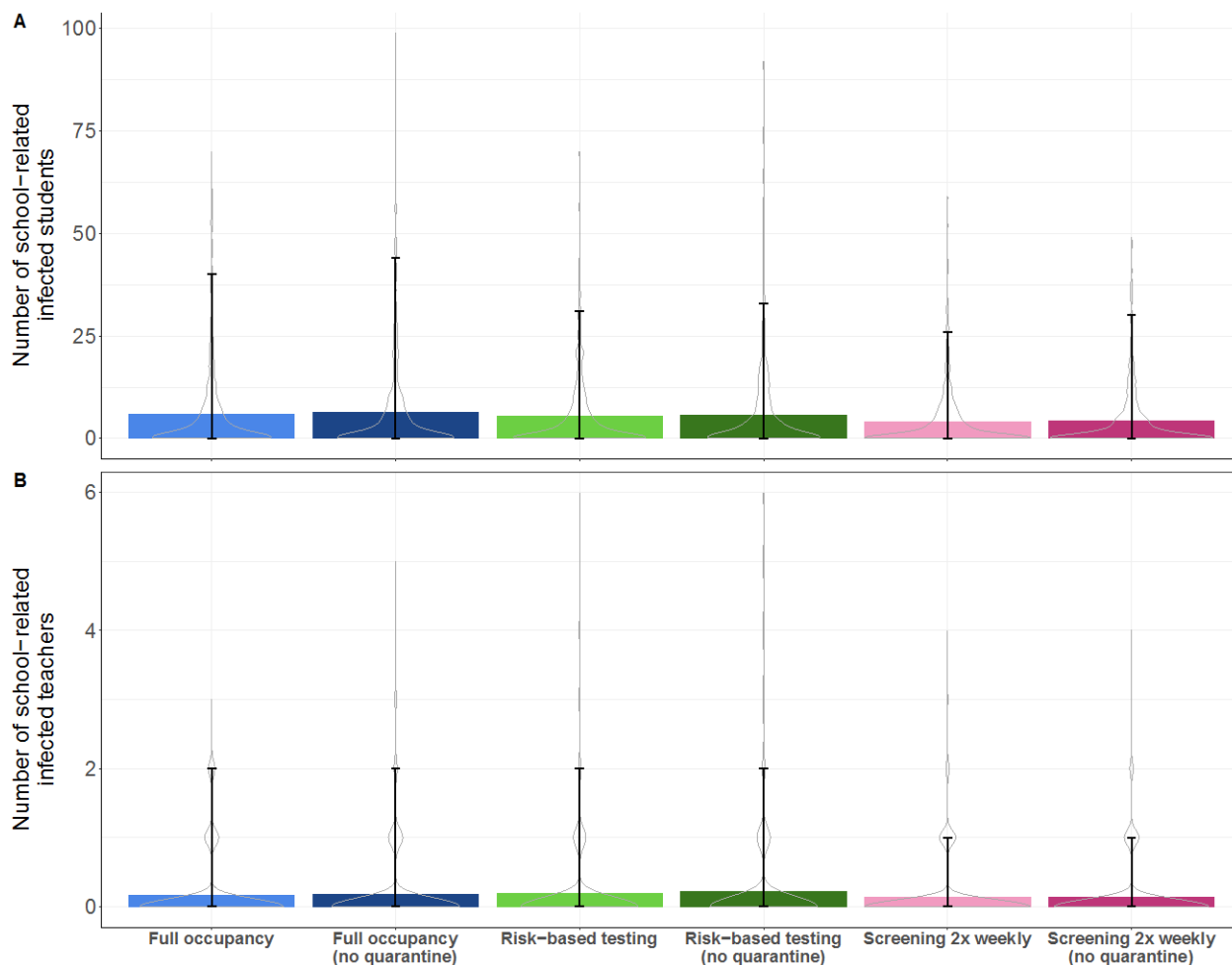
Resultaten

Hierna volgen de resultaten voor de verschillende scenario's waarbij telkens het berekende aantal nieuwe school-gerelateerde infecties dat over de periode van 1 maand optreedt wordt weergegeven. Dit zijn infecties die tot stand komen door besmettingen tussen personen van één school. Eventuele extra besmettingen onder leerlingen of docenten die buiten de school zijn opgelopen in dezelfde periode worden hierin niet weergegeven. De berekende aantallen school-gerelateerde infecties zijn samengevat voor steeds 800 of 400 simulaties per scenario. Het betreft de geschatte aantallen over de periode van 1 maand voor de modelschool. Schattingen voor leerlingen en docenten zijn apart weergegeven.

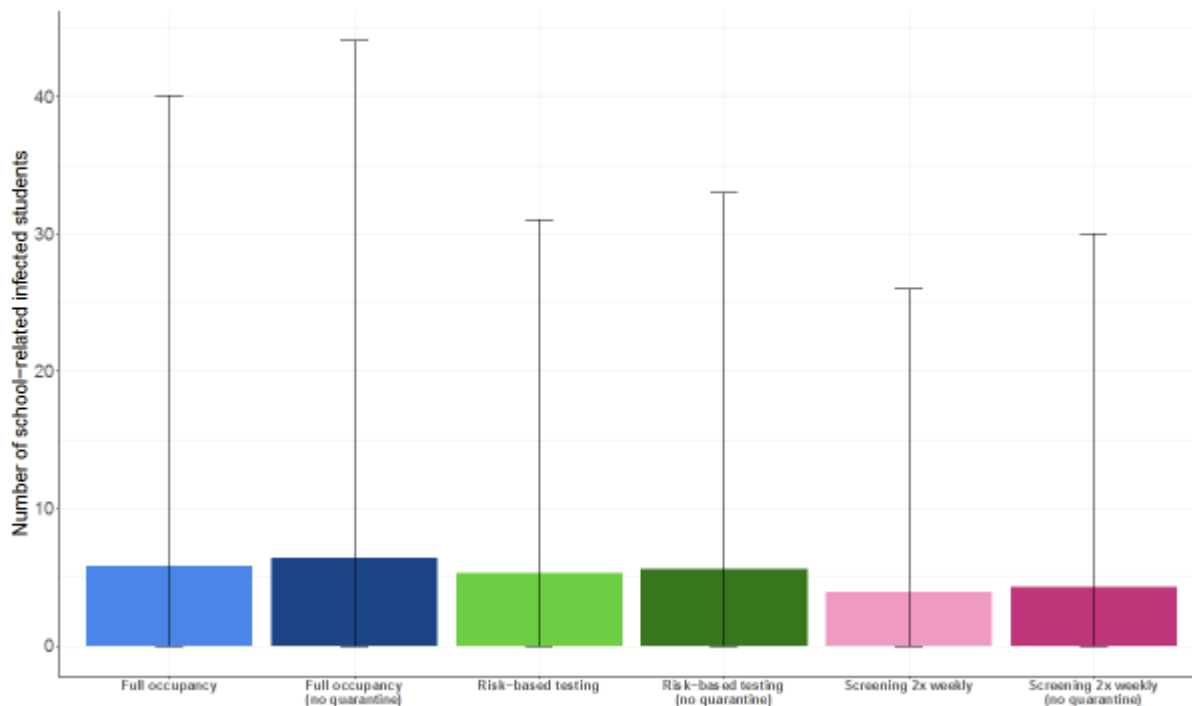
Situatie bij alfavariant

Het model geeft de voorspelling voor een situatie waarbij sprake is van een introductierisico vanuit de samenleving zoals in juni 2021 met een reproductiegetal van 0.76 (alfavariant dominant). **Figuur 3** toont de resultaten voor verschillende scenario's voor zowel leerlingen als docenten op basis van 800 simulaties per scenario. In alle scenario's is het aantal school-gerelateerd besmettingen onder docenten erg klein. In het meest ongunstige scenario (volle bezetting zonder quarantaine) zal naar schatting gemiddeld 0.18 docent besmettingen per school optreden hetgeen neerkomt op ca. één besmetting per 5 scholen per maand. De resultaten voor docenten worden daarom in de verdere bespreking van de resultaten buiten beschouwing gelaten. **Figuur 4** toont de resultaten voor alleen leerlingen in groter detail voor de leesbaarheid. **Figuur 5** toont de procentuele veranderingen ten opzichte van het basisscenario en in **figuur 6** zijn de absolute veranderingen op landelijke niveau weergegeven. **Figuur 7** toont de aantallen absenties per scenario en **figuur 8** geeft inzicht in de verhouding tussen geïntroduceerde infecties in de school en de kans en grootte van hierop volgende uitbraken van school-gerelateerde infecties.

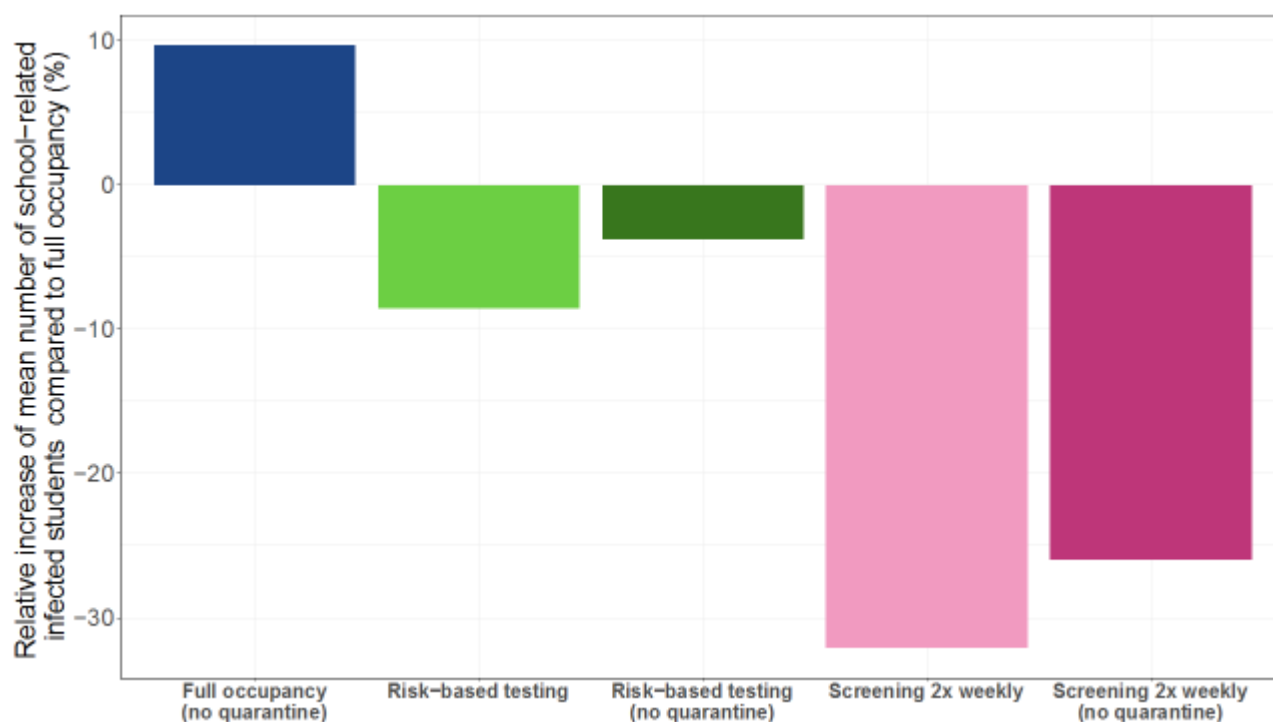
Twee keer per week screenen met behoud van quarantaine regels levert de grootste reductie op in aantallen besmettingen ten opzichte van het basisscenario; 32% afname, landelijk resulteert dit in 1800 infecties minder onder leerlingen over de periode van 1 maand. Het effect van risico-gericht testen, zowel met als zonder quarantaine heeft slechts een beperkt effect op het aantal school-gerelateerde infecties onder leerlingen (respectievelijk 0.5 en 0.2 infecties per school per maand). Risicogericht testen zonder quarantaine kan wel als evenwaardig worden gezien aan het basisscenario met quarantaine, waarbij het risicogericht testen een voordeel oplevert in het aantal absenties ten opzichte van het basisscenario. Beide scenario's resulteren bij een besmettingsniveau zoals in Juni 2021 en een R-waarde van 0.76 in 5,6 tot 5.9 besmettingen per maand. In het basisscenario zijn gemiddeld 8.2 leerlingen één of meerdere dagen absent als gevolg van quarantaine of isolatie, in het scenario met risicogericht testen zonder quarantaine is dit gemiddeld 2.7. Het model voorspelt bij overgang van het basisscenario naar volledige bezetting zonder quarantaine een gemiddelde stijging van het aantal infecties van 0.6 onder leerlingen per school per maand. Het aantal simulaties waarbij het aantal school-gerelateerde infecties het aantal introducties niet overstijgt ligt tussen de 56 en 62% voor de verschillende scenario's en is het hoogst voor preventief testen met quarantaine. Dit kan geïnterpreteerd worden als de kans dat een versterkend effect op de epidemie door school-gerelateerde infecties uitblijft.



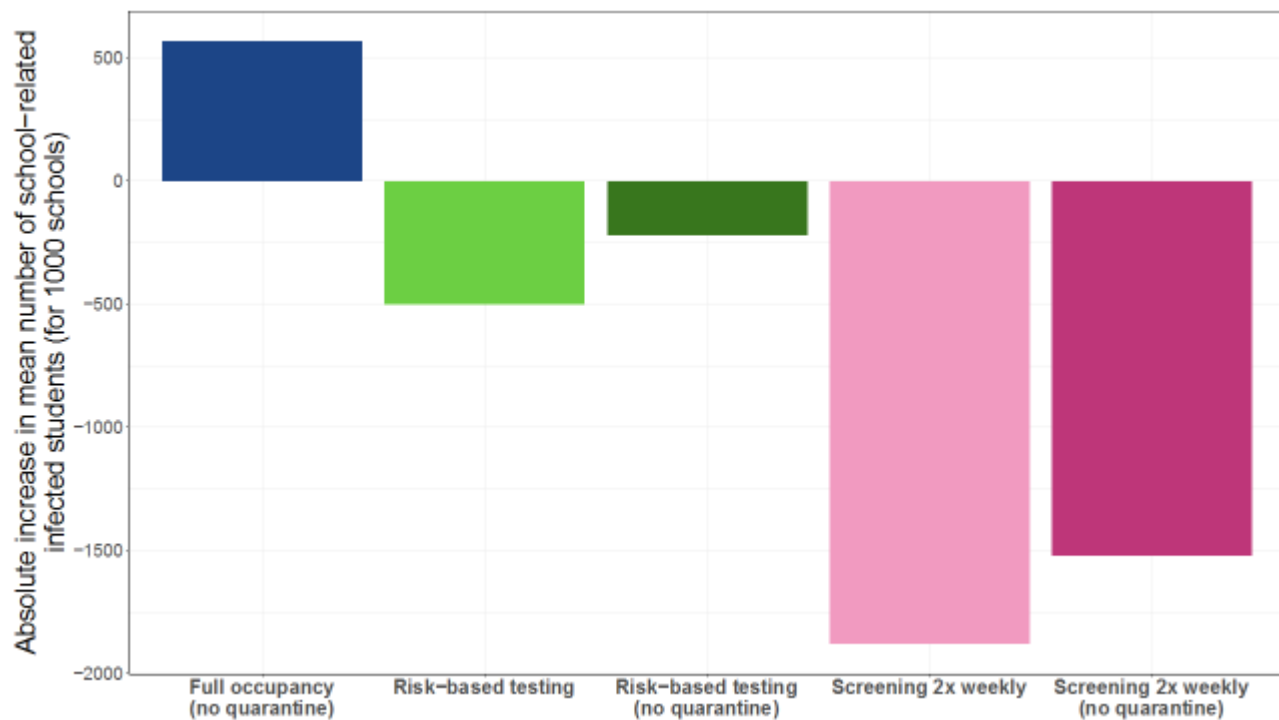
Figuur 1 Schattingen voor leerlingen en docenten bij reproductiegetal van 0.76 (alfavariant) voor verschillende scenario's voor de model-school. Van links zijn rechts zijn achtereenvolgens de resultaten gevisualiseerd van het basisscenario met volledige bezetting; volledige bezetting zonder quarantaine; risicogericht testen; risicogericht testen zonder quarantaine; 2x per week preventief testen; preventief testen zonder quarantaine. Resultaten zijn gebaseerd op 800 simulaties per scenario. De hoogte van de staafgrafiek geeft het gemiddelde van de simulaties weer. De zwarte verticale lijnen vertegenwoordigen het interval waarbinnen 95% van de simulaties valt.



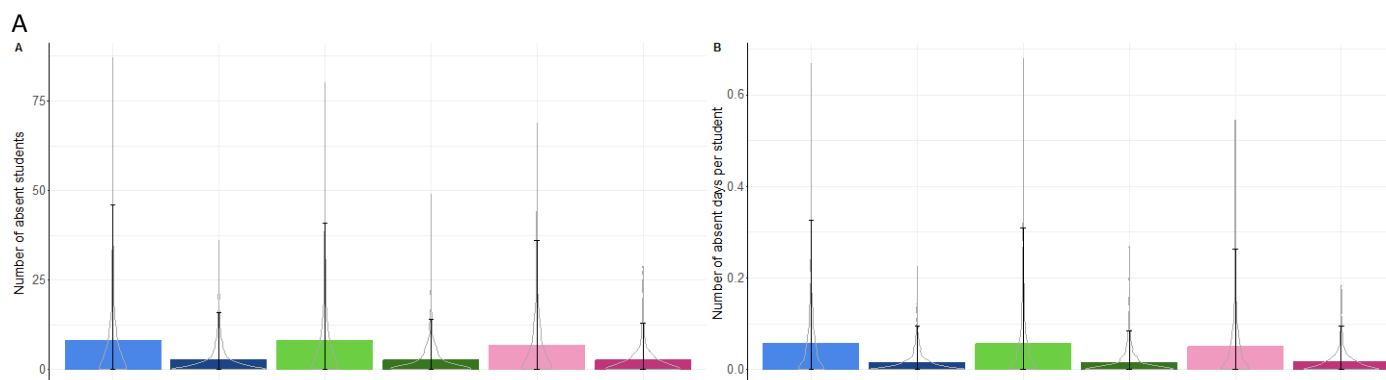
Figuur 4 toont dezelfde resultaten als figuur 3 maar nu weergegeven als gemiddelde waarden en enkel voor leerlingen. De hoogte van de staafgrafiek geeft het gemiddelde van de simulaties weer. De zwarte foutbalken vertegenwoordigen het interval waarin 95% van de simulaties valt.



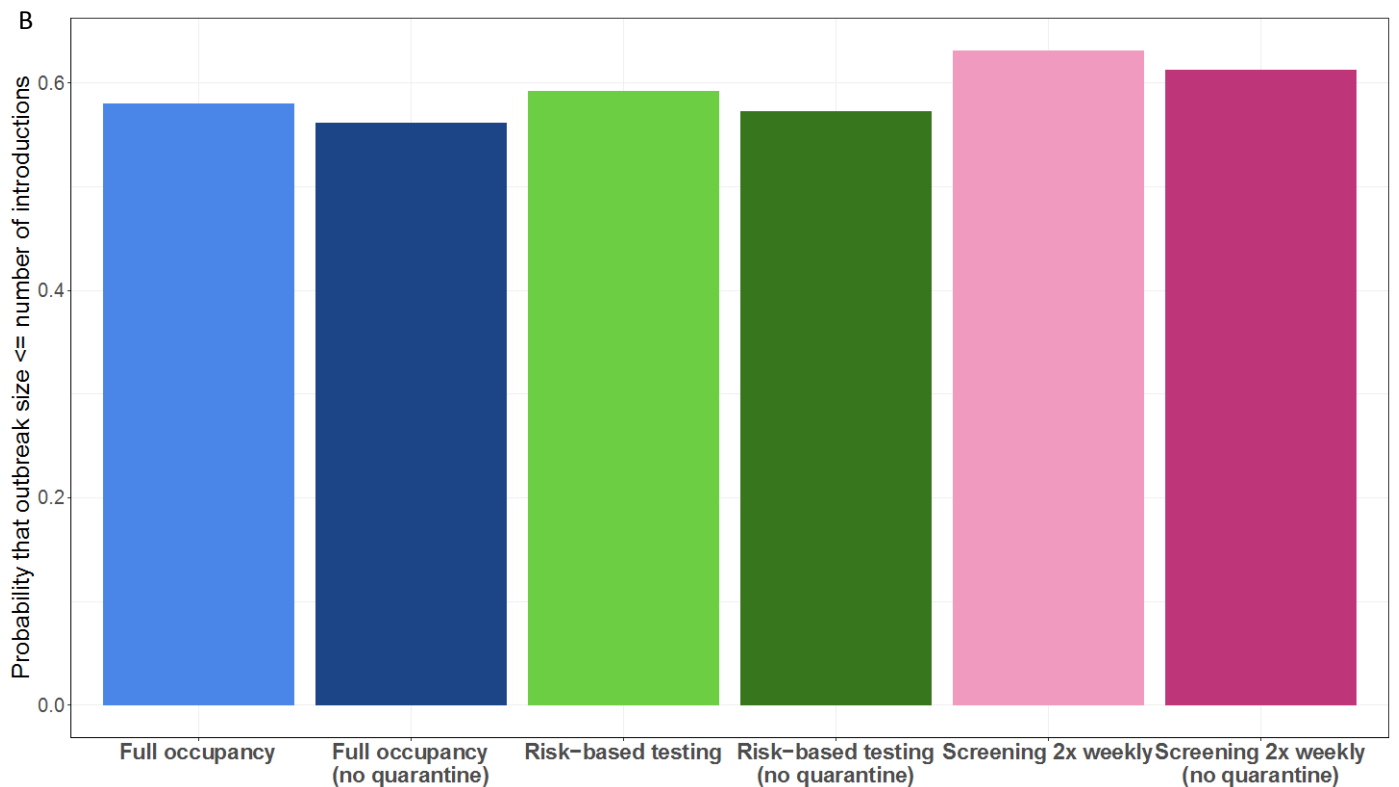
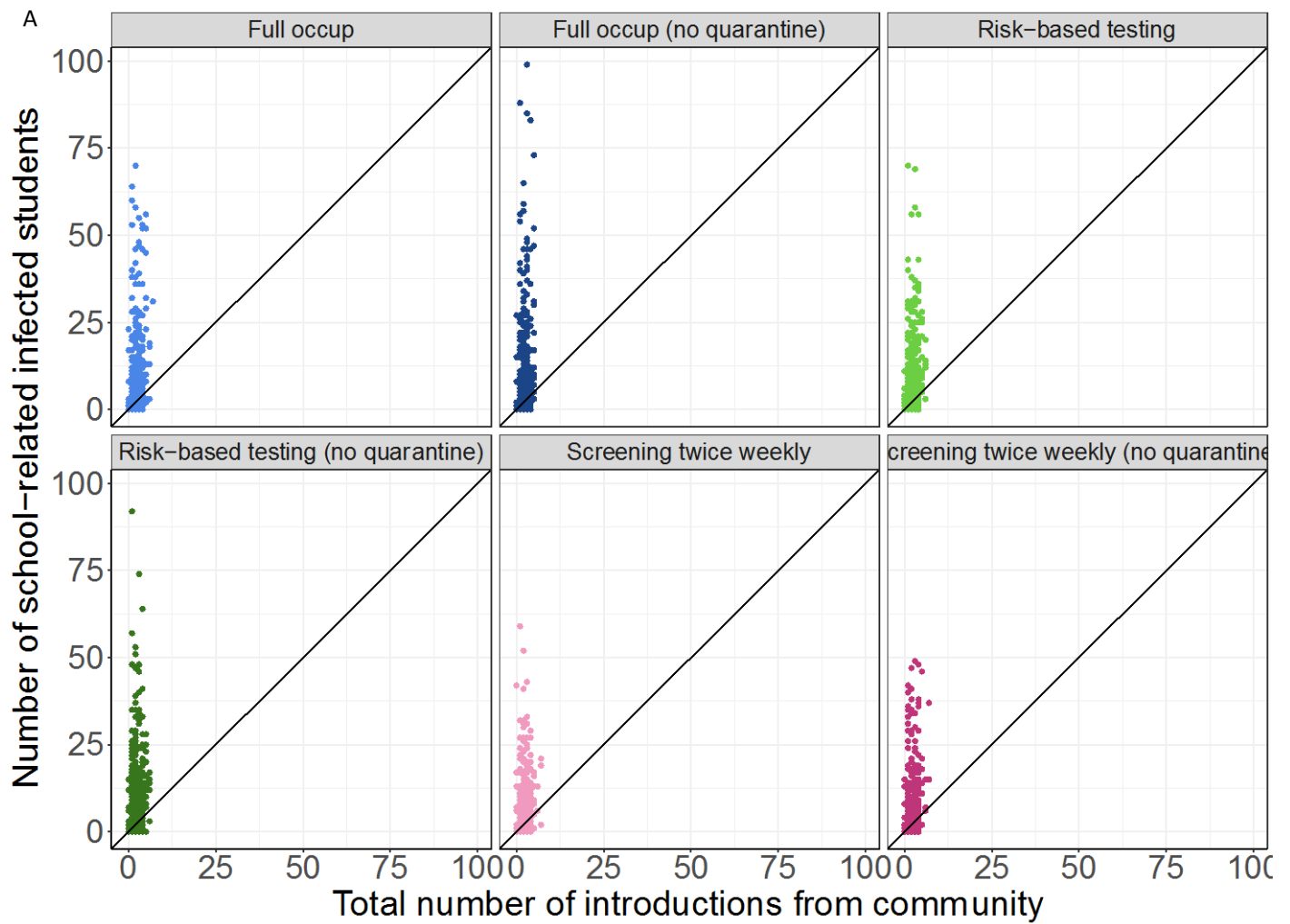
Figuur 5 Gemiddelde procentuele verandering in school-gerelateerde besmettingen voor verschillende scenario's. De verandering is berekend ten opzichte van het gemiddelde aantal school-gerelateerde besmettingen in het basisscenario (volledige bezetting en quarantaine).



Figuur 6 Absolute verandering in gemiddeld aantal school-gerelateerde besmettingen geschat voor Nederland. De verandering is berekend ten opzichte van het basisscenario (volledige bezetting en quarantaine).



Figuur 7 Absenties door isolatie en quarantaine onder leerlingen en docenten voor de model-school. Weergave voor verschillende scenario's bij een reproductiegetal van 0.76 (alfavariant). Berekend is A) aantal personen met absentie gedurende periode van 1 maand en B) aantal dagen absentie onder leerlingen en docenten



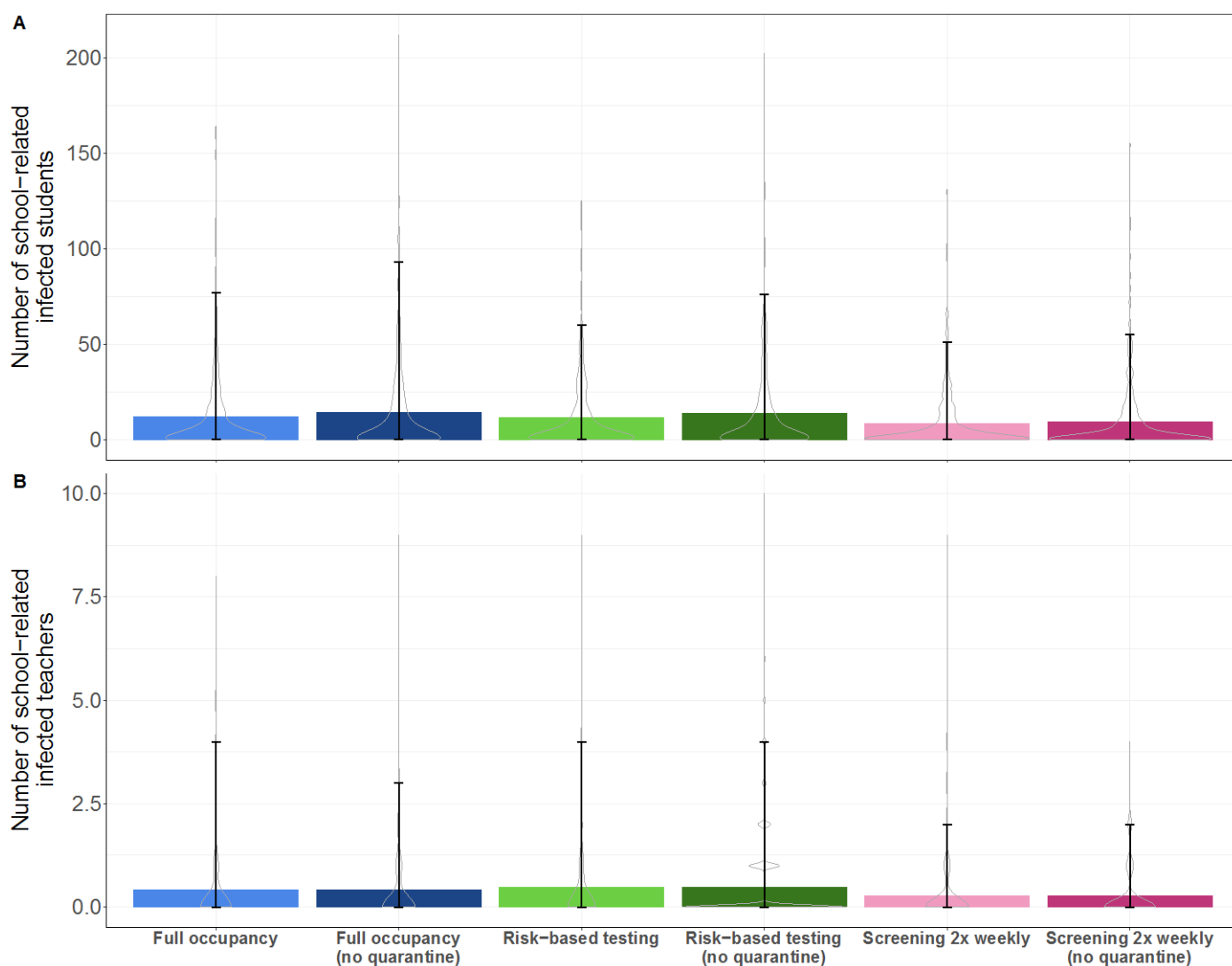
Figuur 8 A: Verhouding tussen aantal school-gerelateerde infecties en aantal geïntroduceerde infecties vanuit de samenleving voor de model-school. De diagonale lijn geeft een gelijke verhouding aan tussen aantallen infecties onder elk datapunt is het resultaat van 1 simulatie. Een datapunt boven deze lijn betekent dat het aantal infecties onder

leerlingen dat in school gegenereerd wordt groter is dan het aantal infecties dat van buitenaf wordt geïntroduceerd. In dat geval kunnen scholen een versterkend effect hebben op het besmettingsniveau in de samenleving door een 'vliegwieleffect' onder leerlingen. Een datapunt onder deze lijn betekent dat scholen geen versterkend effect hebben. Veel datapunten vallen helemaal links onder in de figuur (weinig introducties en weinig school-gerelateerde besmettingen en zijn daardoor niet goed van elkaar te onderscheiden. Figuur **8B** geeft hier inzicht in en toont de kans dat het aantal school gerelateerde infecties niet hoger is dan het aantal introducties van infectie. In alle scenario's is dit het geval bij > 50% van de introducties met de hoogste waarde voor screening met quarantaine.

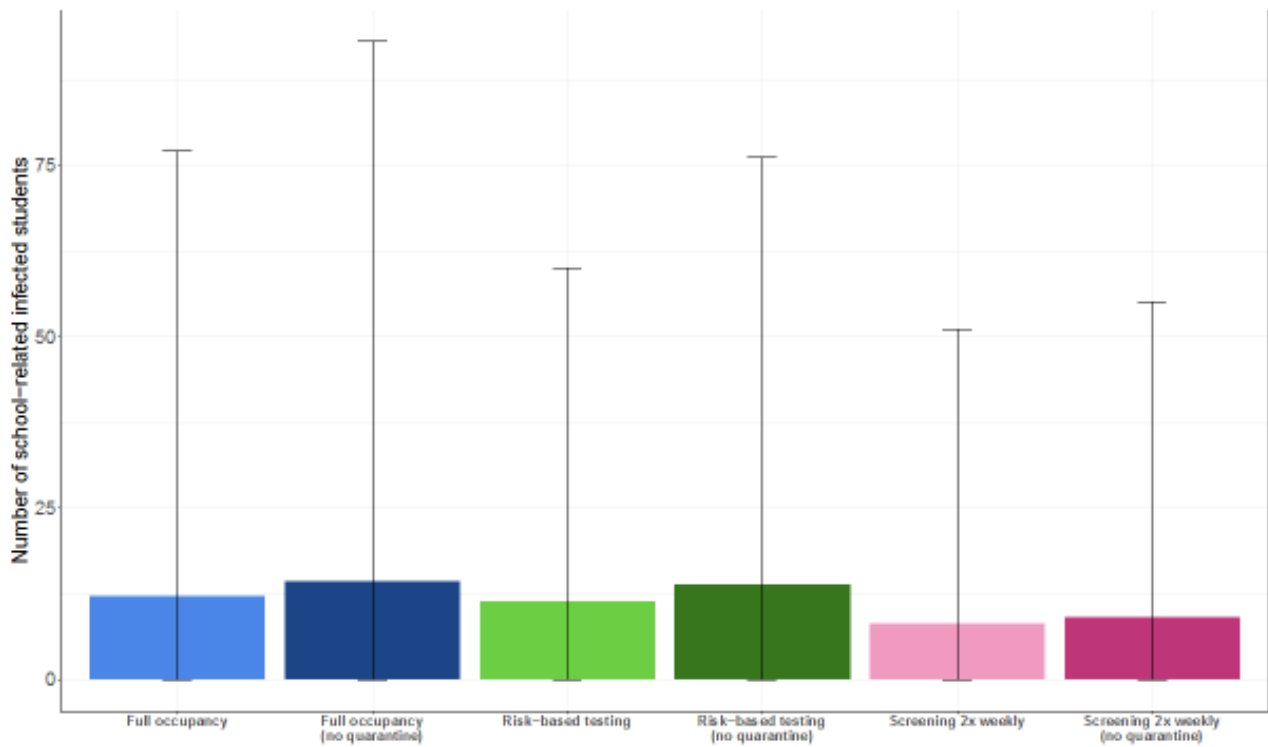
Situatie bij deltavariant

Bij gelijkblijvend besmettingsniveau in de samenleving resulteert een hogere R-waarde als gevolg van dominantie van de deltavariant in een hoger aantal school-gerelateerde infecties in alle scenario's. **Figuur 9** toont de resultaten voor verschillende scenario's voor zowel leerlingen als docenten op basis van 400 simulaties per scenario. **Figuur 10** toont de resultaten voor alleen leerlingen in groter detail voor de leesbaarheid. **Figuur 11** toont de procentuele veranderingen ten opzichte van het basisscenario en in **figuur 12** zijn de absolute veranderingen op landelijke niveau weergegeven. **Figuur 13** toont de aantallen absenties per scenario en **figuur 14** geeft inzicht in de verhouding tussen geïntroduceerde infecties in de school en de kans en grootte van hierop volgende uitbraken van school-gerelateerde infecties.

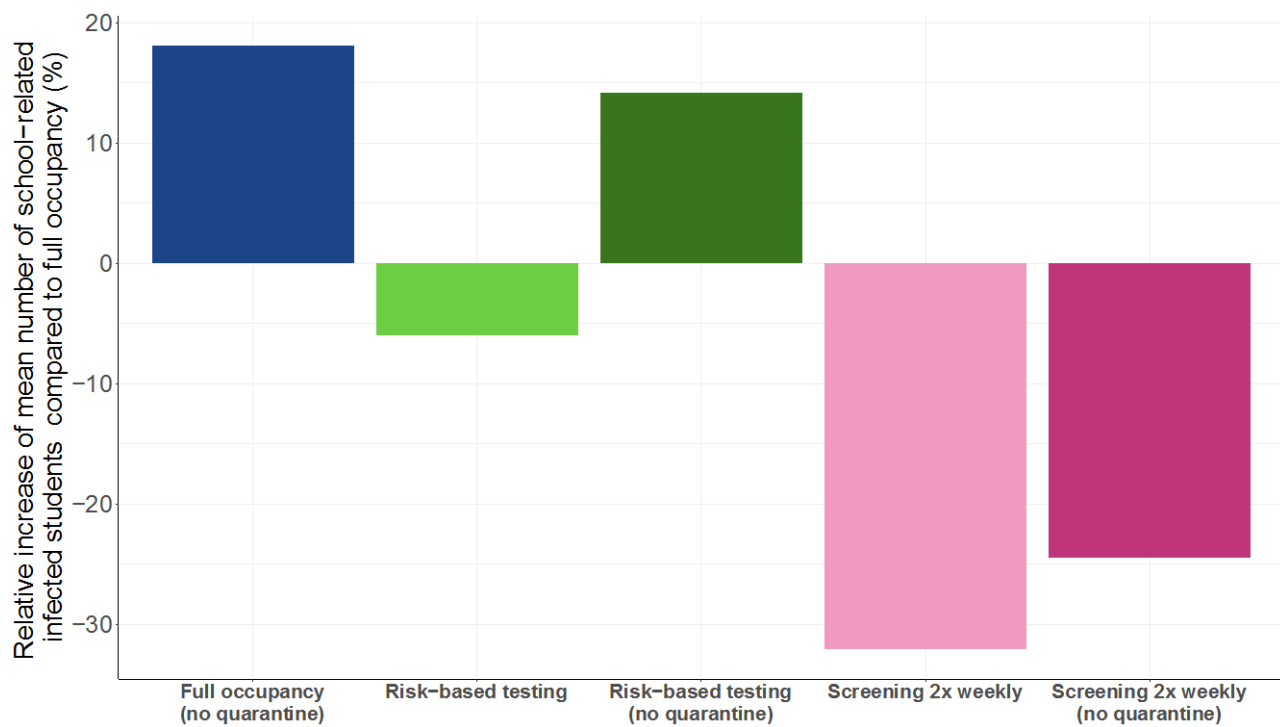
In alle scenario's zal het aantal school-gerelateerde infecties hoger zijn als gevolg van de deltavariant bij gelijkblijvend besmettingsniveau in de samenleving. Zo is in het basisscenario het verschil ten opzichte van de alfavariant gemiddeld 6,5 besmettingen per school per maand (**figuur 10**). Het effect van aanvullende maatregelen zoals quarantaine en testen neemt procentueel toe ten opzichte van een situatie met de alfavariant (**figuur 11**). Het relatieve effect van de verschillende scenario's ten opzichte van elkaar verandert weinig. Twee keer per week preventief testen met quarantaine levert nog steeds de grootste reductie op in school-gerelateerde infecties. Het risico-gericht testen zonder quarantaine is niet langer gelijkwaardig aan het basisscenario en zal tot meer besmettingen leiden (**figuur 11&12**). Op landelijk niveau kan inzet van screening met quarantaine bij 30% deelname het aantal school gerelateerde infecties verminderen met 3890 infecties per maand (**figuur 12**), bij een besmettingsniveau zoals in juni 2021. Het aantal simulaties waarbij het aantal school-gerelateerde infecties niet hoger is dan het aantal introducties is gedaald naar <50% voor alle scenario's behalve preventief testen (**figuur 14**). Dit kan geïnterpreteerd worden als de kans dat een versterkend effect op de epidemie door school-gerelateerde infecties uitblijft. Daarnaast valt op dat de maximale uitbraakgrootte in alle scenario's hoger ligt.



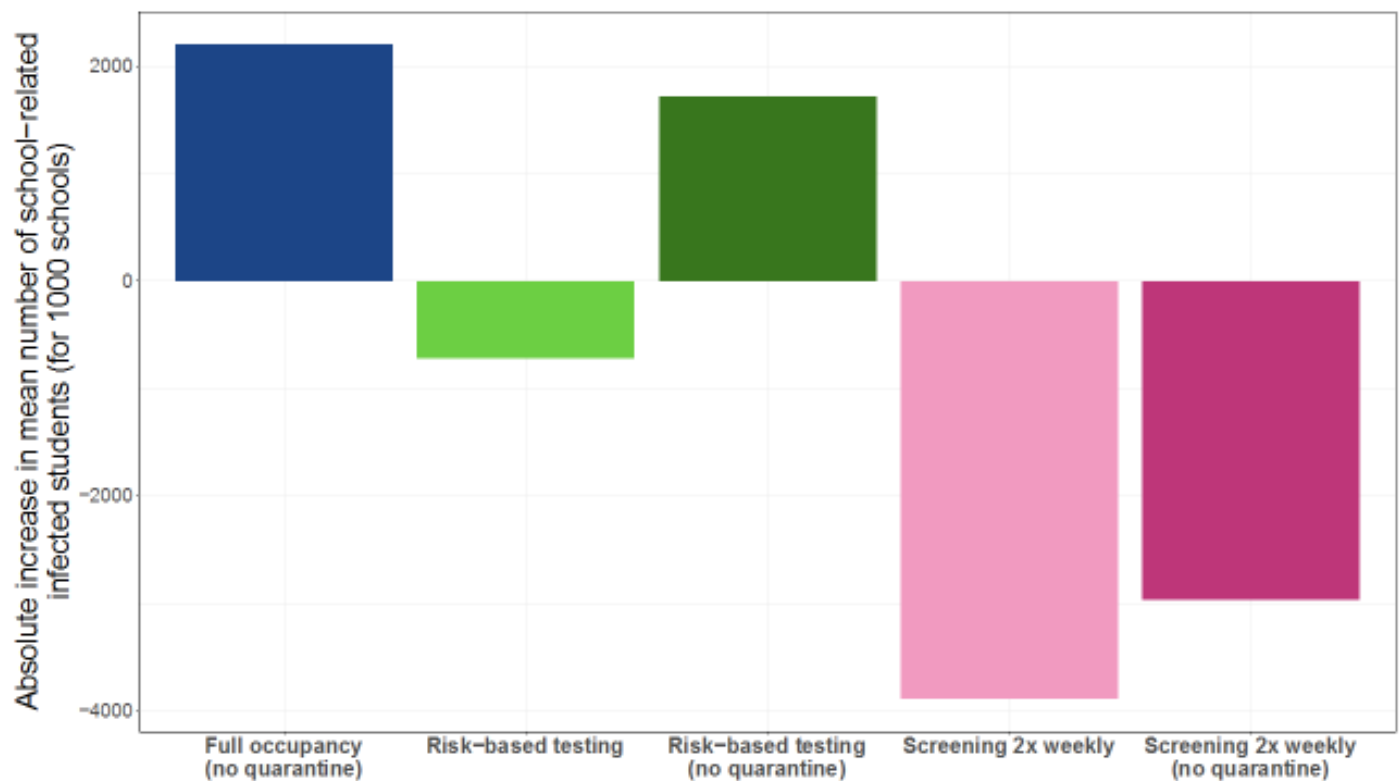
Figuur 9 Schattingen voor leerlingen en docenten bij reproductiegetal van 1.05 (deltavariant) voor verschillende scenario's voor de model-school. Van links zijn rechts zijn achtereenvolgens de resultaten gevisualiseerd van het basisscenario met volledige bezetting; volledige bezetting zonder quarantaine; risicogericht testen; risicogericht testen zonder quarantaine; 2x per week preventief testen; preventief testen zonder quarantaine. Resultaten zijn gebaseerd op 400 simulaties per scenario. De hoogte van de staafgrafiek geeft het gemiddelde van de simulaties weer. De zwarte verticale lijnen vertegenwoordigen het interval waarbinnen 95% van de simulaties valt.



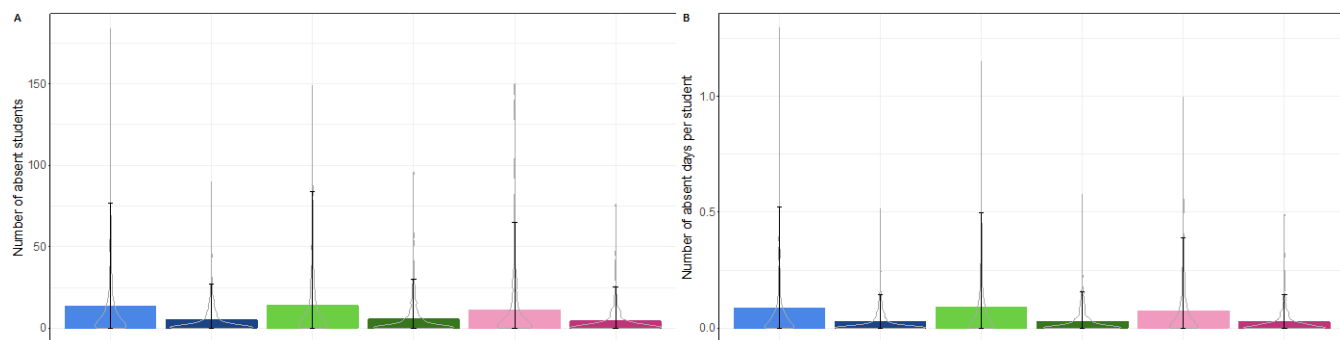
Figuur 10 toont dezelfde resultaten als figuur 3 maar nu weergegeven als gemiddelde waarden en enkel voor leerlingen. De hoogte van de staafgrafiek geeft het gemiddelde van de simulaties weer. De zwarte verticale lijnen vertegenwoordigen het interval waarbinnen 95% van de simulaties valt.



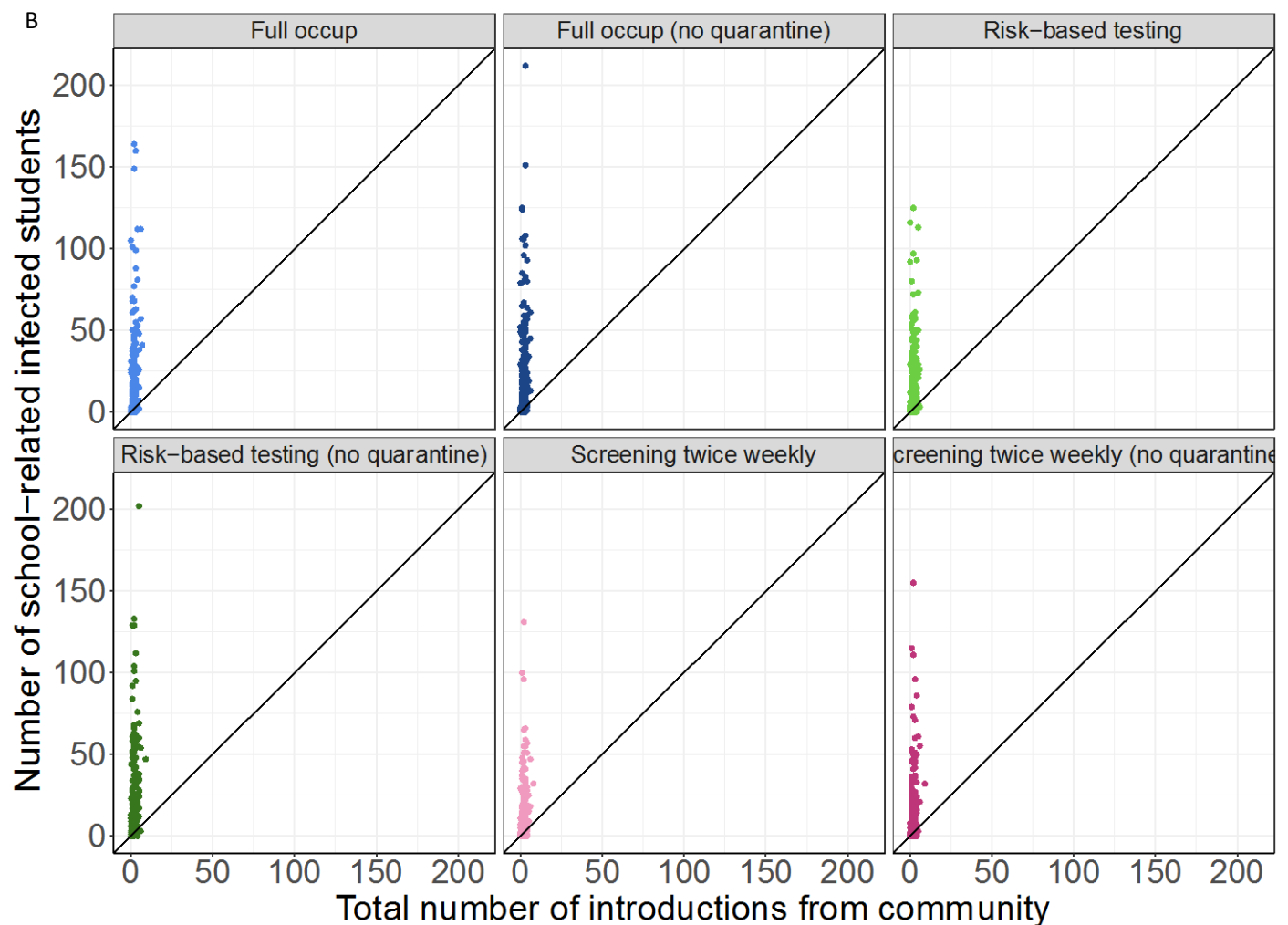
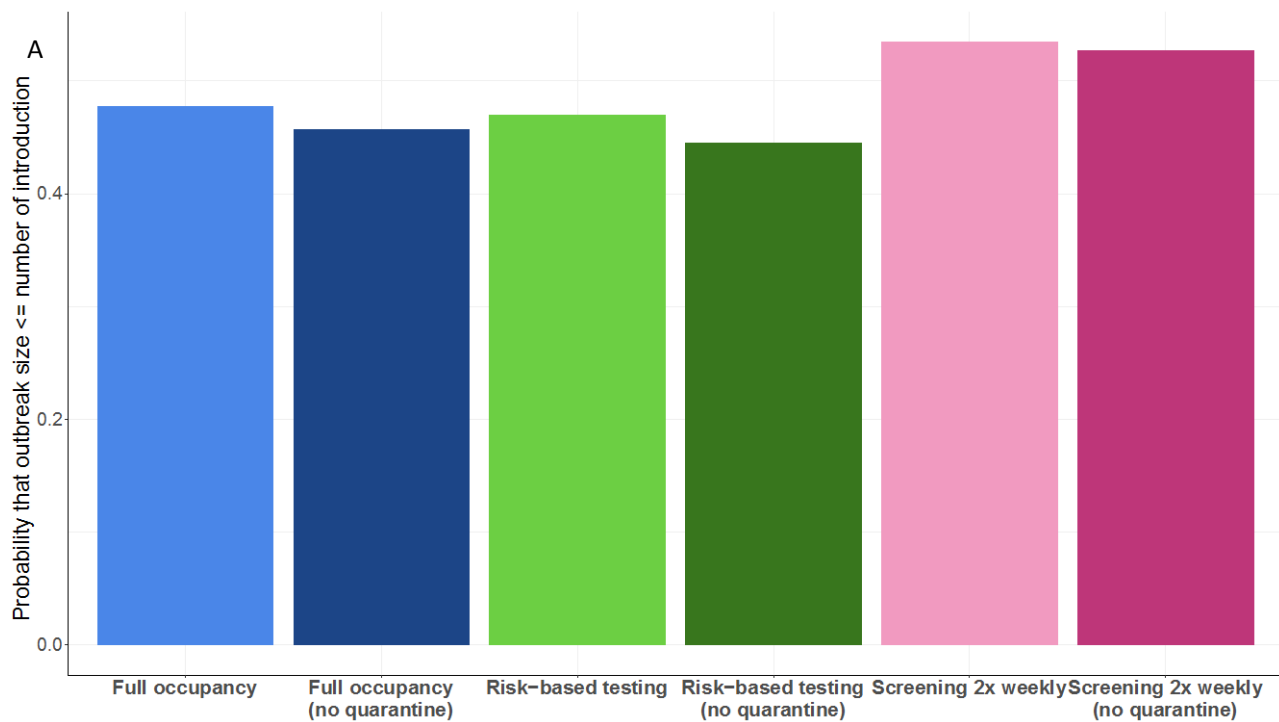
Figuur 11 Gemiddelde procentuele verandering in school-gerelateerde besmettingen voor verschillende scenario's. De verandering is berekend ten opzichte van het gemiddelde aantal school-gerelateerde besmettingen in het basisscenario (volledige bezetting en quarantaine).



Figuur 12 Absolute verandering in gemiddeld aantal school-gerelateerde besmettingen geschat voor Nederland. De verandering is berekend ten opzichte van het basisscenario (volledige bezetting en quarantaine).



Figuur 13 Absenties door isolatie en quarantaine onder leerlingen en docenten voor de model-school. Weergave voor verschillende scenario's bij een reproductiegetal van 0.76 (alfavariant). Berekend is A) aantal leerlingen met absentie gedurende periode van 1 maand en B) aantal dagen absentie onder leerlingen

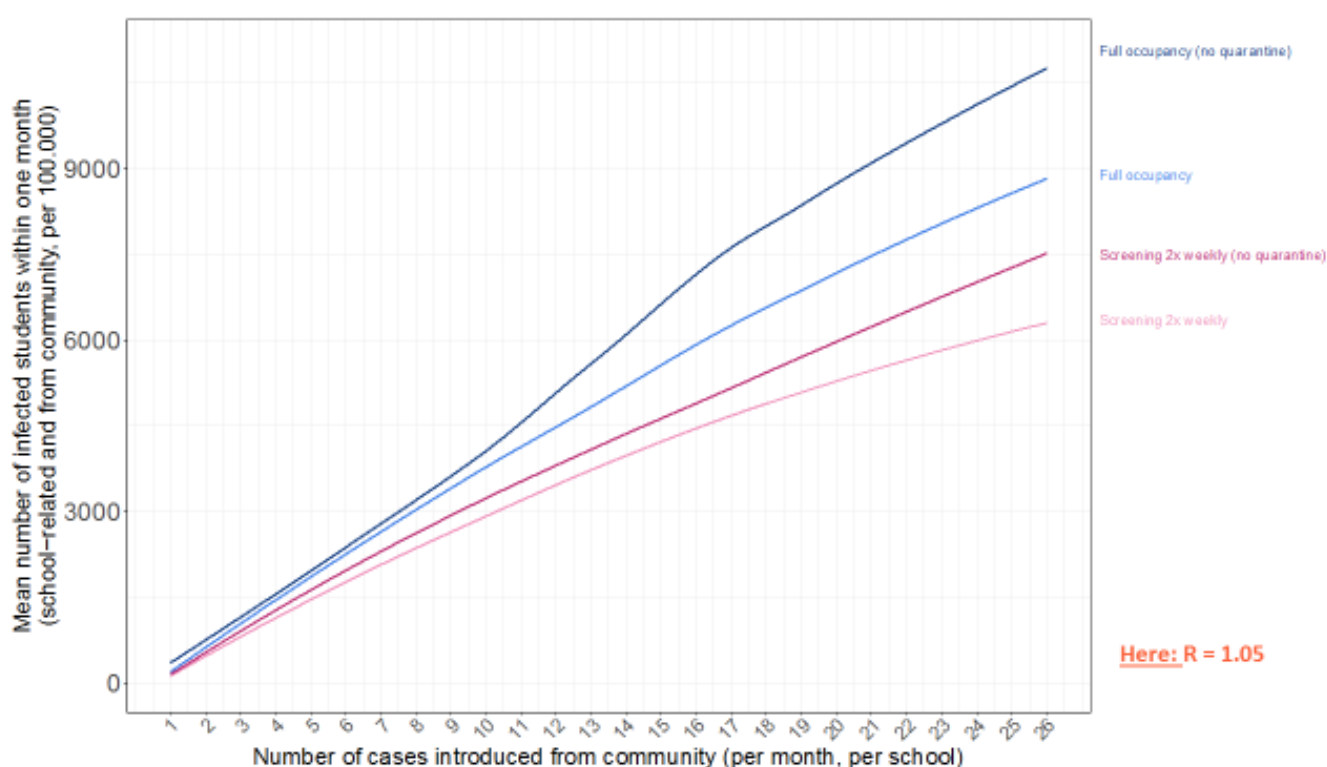


Figuur 14 A: Verhouding tussen aantal school-gerelateerde infecties en aantal geïntroduceerde infecties vanuit de samenleving voor de model-school. De diagonale lijn geeft een gelijke verhouding aan tussen aantallen infecties onder Elk datapunt is het resultaat van 1 simulatie. Een datapunt boven deze lijn betekent dat het aantal infecties onder leerlingen dat in school gegenereerd wordt groter is dan het aantal infecties dat van buitenaf wordt geïntroduceerd. In dat geval kunnen scholen een versterkend effect hebben op het besmettingsniveau in de samenleving. Een datapunt onder deze lijn betekent dat scholen geen versterkend effect hebben. Veel datapunten vallen helemaal links onder in de figuur

(weinig introducties en weinig school-gerelateerde besmettingen) en zijn daardoor niet goed van elkaar te onderscheiden. Figuur 14B geeft hier inzicht in en toont de kans dat het aantal school gerelateerde infecties niet hoger is dan het aantal introducties van infectie. Alleen voor het scenario preventief testen met quarantaine ligt dit percentage $> 50\%$. De percentages liggen lager dan in de situatie met dominantie van de alfavariant.

Variërende besmettingsniveaus in de samenleving en dominantie van de deltavariant (R=1.05)

Het aantal school-gerelateerde infecties hangt samen met het aantal infectie introducties vanuit de samenleving. Hoe meer introducties, hoe vaker dit zal leiden tot een uitbraak in de school en hoe meer school-gerelateerde infecties optreden. Om inzicht te krijgen in de effecten van verschillende scenario's afhankelijk van besmettingsniveaus is gekeken naar het aantal school-gerelateerde besmettingen bij een variërend aantal introducties in de school. **Figuur 15** toont een variatie introducties tussen 1 en 26 per school per maand en het bijbehorende totaal aantal besmettingen onder leerlingen bij verschillende scenario's. Op de y-as wordt het totaal aantal infecties per 100.000 leerlingen weergegeven. Dit is de som van de school-gerelateerde infecties en infecties die buiten school zijn opgelopen. Omdat risico-gericht testen geen effectieve strategie is gebleken bij dominantie van de deltavariant is dit scenario hier buiten beschouwing gelaten. Het absolute effect van preventief testen ten opzichte van het basisscenario varieert van 118 besmettingen bij gemiddeld 1 introductie per maand, tot bijna 3000 besmettingen bij 26 introducties per maand. Het besmettingsniveau in de maand juni past bij 1,6 introducties per maand. In **figuur 16** is de kans weergegeven dat het aantal school-gerelateerde besmettingen lager blijft dan het aantal introducties bij een stijgend aantal introducties. Dit kan worden geïnterpreteerd als de kans dat scholen een 'vliegwielen' effect zullen krijgen op de epidemie. Vanaf 5 introducties per maand, is deze kans hierop groter dan 50%. **Figuur 17** toont vervolgens de doelmatigheid van twee keer per week testen afhankelijk van het aantal infectie introducties. Hierbij valt op dat vanaf een introductie-getal van ongeveer 9 per maand de curve aanzienlijk vlakker wordt. Bij lagere aantallen introducties neemt de doelmatigheid van testen snel af.

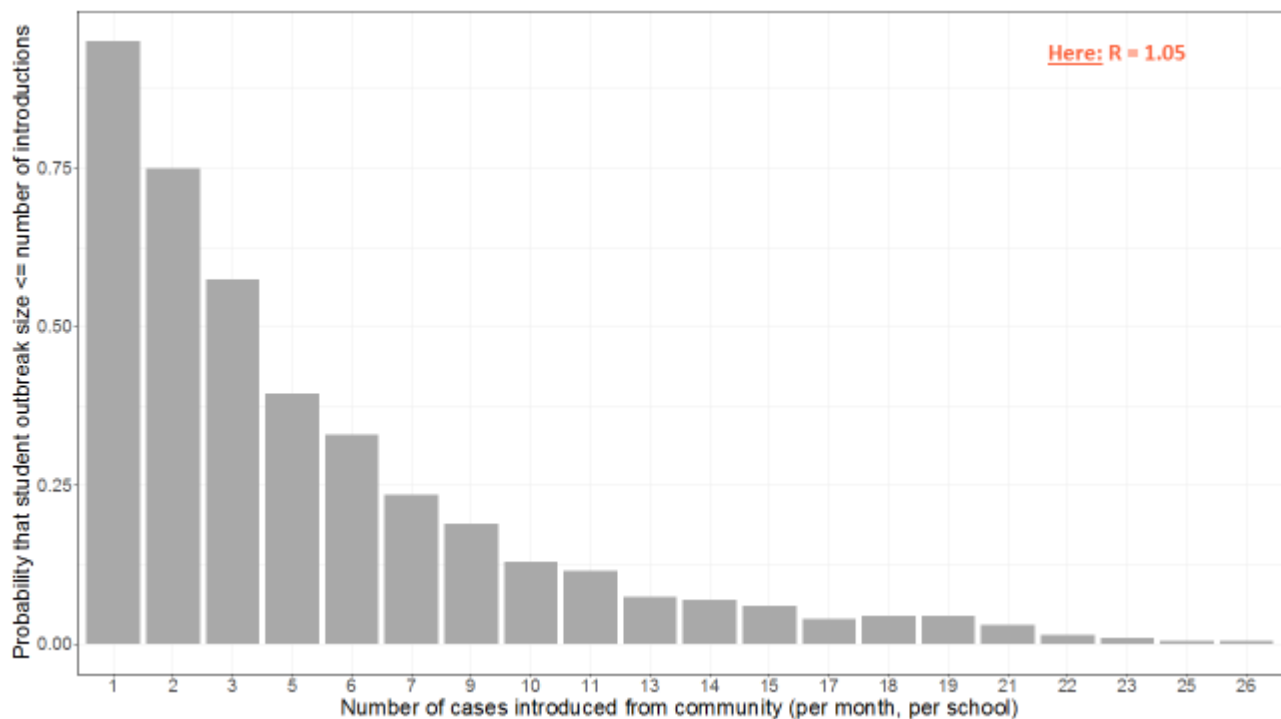


Figuur 15. Infectie introducties in de school per maand uitgezet tegen totaal aantal besmettingen onder leerlingen (school gerelateerd en vanuit samenleving) bij verschillende scenario's

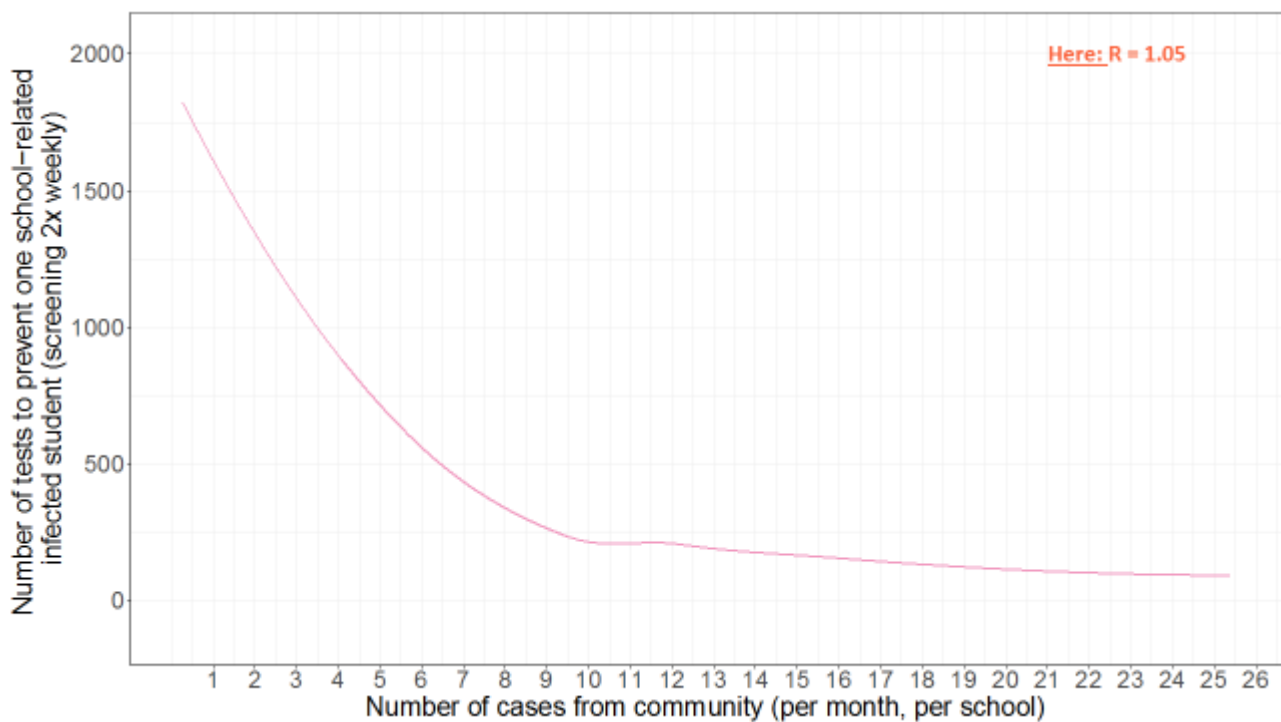
Om te bepalen of, en welk scenario dient te worden ingezet in het voortgezet onderwijs afhankelijk van het besmettingsniveau in de samenleving is een vertaalslag nodig van aantal infectie introducties naar besmettingen per 100.000 personen, naar gepubliceerde weekcijfers over aantal positieve testen per 100.000 personen voor de leeftijdsgroepen 10-14 en 15-19 jaar. Dit is weergegeven in tabel 1. Er is rekening gehouden met het feit dat grofweg de helft van het daadwerkelijk aantal infecties in de leeftijdsgroep tot een positieve test leidt in de weekcijfers (de andere helft blijft onopgemerkt omdat de infectie asymptomatisch is, danwel omdat niet wordt getest).

Tabel 1

Number of introduced cases from community (per month, per school)	Mean total number of infected students within one month per 100.000 (school-related + from community)				Mean number of detected infected students per week per 100.000 (school-related + from community)			
	Full occupancy	Full occupancy (no quarantine)	Screening 2x weekly	Screening 2x weekly (no quarantine)	Full occupancy	Full occupancy (no quarantine)	Screening 2x weekly	Screening 2x weekly (no quarantine)
1	152	176	34	51	19	22	4	6
2	686	836	492	618	86	105	62	77
3	1111	1301	962	1031	139	162	120	129
4	1633	1868	1310	1399	204	234	164	175
6	2195	2317	1761	1948	274	290	220	244
7	2827	3187	2240	2464	353	398	280	308
8	3312	3530	2502	2778	414	441	313	347
10	3771	3984	2945	3380	471	498	368	423
11	4292	4533	3219	3637	537	567	402	455
12	4670	5355	3740	3788	583	669	468	474
13	5205	6062	3861	4370	651	758	483	546
15	5358	6910	4322	4738	670	864	540	592
16	6319	7692	4742	5169	790	962	593	646
17	6873	8317	4849	5527	859	1040	6066	691
19	7009	8364	5100	5620	876	1046	638	703
20	7274	8773	5380	6164	909	1097	673	771
21	7478	9154	5600	6501	935	1144	700	813
23	8111	9688	5880	6814	1014	1211	735	852
24	8597	10339	6105	7299	1075	1292	763	912
25	8889	11060	6342	7484	1111	1383	793	936



Figuur 16. Relatie tussen aantal infectie introducties in de school en kans dat aantal school-gerelateerde infecties kleiner blijft dan aantal introducties (i.e. geen vliegwielen effect) bij reproductiegetal van 1.05 (dominantie deltavariant).



Figuur 17. Verhouding tussen aantal uitgevoerde testen om één besmette leerling te detecteren versus het aantal introducties in de school

Discussie

We onderzochten middels modelmatig onderzoek het effect van verschillende teststrategieën met of zonder quarantaine van categorie 2 contacten bij volledige bezetting in het voortgezet onderwijs. We hebben gekeken naar een situatie met de alfavariant van het virus, en naar een situatie waarbij het R-getal verhoogd is als gevolg van de deltavariant. Die laatste situatie lijkt het meest waarschijnlijk voor Augustus/September 2021 bij start van het nieuwe schooljaar. In zijn algemeenheid kan worden geconcludeerd dat twee keer per week preventief testen een effectievere strategie is dan risicogericht testen, zelfs bij een deelnamebereidheid van 30%. Dit heeft te maken met het feit dat ca. 50% van introducties in de school onopgemerkt blijft bij leerlingen door het hoge percentage aan infecties zonder klachten. Screening kan deze infecties oppikken, maar risico-gericht testen niet. Daarnaast is er ook bij risicogericht een beperkte deelnamebereidheid van 50%, conform ervaringen in de pilot. Het opheffen van quarantaine maatregelen gaf in alle scenario's een toename in aantallen school-gerelateerde infecties, al is de toename voor zowel de situatie met de alfavariant als de deltavariant relatief beperkt (<10% verschil) wanneer preventief testen wordt ingezet.

De absolute effecten van de verschillende scenario's op aantallen besmettingen hangen sterk samen met het besmettingsniveau in de samenleving en de daaruit voortkomende infectie introducties in de school. Ook is de rol van scholen als 'versterker' van de epidemie afhankelijk van het aantal introducties en wordt de doelmatigheid van preventief testen hierdoor bepaald. Het modelmatig onderzoek geeft inzicht in welke effecten te verwachten zijn van de verschillende scenario's afhankelijk van het besmettingsniveau in de samenleving.

Onze resultaten en bevindingen hebben verschillende beperkingen.

Enkele algemene beperkingen van het modelmatig onderzoek zijn in de eerste rapportage reeds besproken. Deze beperkingen blijven ook van kracht voor de huidige analyses. Voor de huidige analyses moet daarnaast worden opgemerkt dat er enige onzekerheid is over de mate waarin de deltavariant besmettelijker is dan de alfavariant. Schattingen lopen uiteen van 30-70%. In onze berekening is gerekend met een R-getal van 0.76 voor dominantie van de alfavariant, tegen 1.05 voor dominantie de deltavariant. Ook is er onzekerheid of 30% deelname aan preventief testen een reële aanname is. Onderzoek naar de deelname aan preventief testen in de periode voor de zomervakantie loopt nog. Vanzelfsprekend zal de effectiviteit van dit scenario toenemen, danwel afnemen bij veranderende deelnamebereidheid. In sommige simulaties is er sprake van een zeer laag aantal infectie introducties in de school. Hierdoor neemt de stochastische variatie in de resultaten van afzonderlijke simulaties sterk toe. Om toch een representatief gemiddelde te kunnen bepalen zijn per scenario 800 simulaties gedraaid voor de situatie met alfavariant. Omdat de besmettingsaantallen hoger liggen bij de deltavariant, is er minder effect van de stochasticiteit en is gekozen voor 400 simulaties. Hiermee is echter enig resterend effect van stochastische variatie op de resultaten niet volledig uit te sluiten.

Het model heeft geen rekening gehouden met eventuele aerosoltransmissie. Dat wil zeggen dat tussen leerlingen en docenten die geen 'contact' hadden, maar wel in dezelfde ruimte verbleven, wordt aangenomen dat er geen transmissie plaatsvindt. Bij slechte ventilatie speelt aerosoltransmissie over langere afstanden mogelijk een aanvullende rol, naast de veronderstelde transmissie over korte afstanden. Hierdoor is het mogelijk dat het aantal school-gerelateerde infecties enigszins wordt onderschat. Dit effect zal vooral spelen bij slechte ventilatie.

Ons model berekent niet de verdere verspreiding van de school-gerelateerde infecties naar huisgenoten. Deze effecten zijn daarom niet zichtbaar in de berekeningen.

Er is in de huidige analyses nog geen rekening gehouden van vaccinatie van adolescenten. Naar verwachting zal met het oplopen van de vaccinatiegraad het effect hiervan vanaf September in toenemende mate de resultaten beïnvloeden.

Ten slotte, om te extrapoleren naar het totale aantal school-gerelateerde infecties in Nederland, hebben we de gemiddelde waarde van de 200 simulaties voor elk scenario vermenigvuldigd met 1000. Dit is derhalve slechts een zeer ruwe schatting, maar we verwachten niet dat dit invloed heeft op de onderlinge verhoudingen in impact van de diverse scenario's, en dus op de conclusies van dit onderzoek.

Conclusie

Preventief testen twee keer per week met behoud van quarantaine regels is ook bij een lagere deelnamebereidheid van 30% het scenario met de grootste reductie op aantallen school-gerelateerde infecties. Met een vaccinatiegraad van 85% onder docenten is het aantal te verwachten school-gerelateerde infecties onder hen verwaarloosbaar in alle onderzochte scenario's. Bij gelijkblijvend besmettingsniveau in de samenleving zal de deltavariant er voor zorgen dat er gemiddeld meer school-gerelateerde infecties optreden en de kans op (grote) uitbraken toeneemt. De relatieve effectiviteit van de verschillende onderzochte scenario's verandert hierbij niet tot nauwelijks. Het absolute effect van testen en quarantaine, almede de doelmatigheid van testen, is sterk afhankelijk van het besmettingsniveau in de samenleving. De schattingen hierover zoals in deze rapportage beschreven kunnen als leidraad fungeren om afgewogen keuzes te maken over de inzet van testen en het quarantainebeleid bij herstart van het nieuwe schooljaar in Augustus/September.

Bronnen

1. Sun K, Wang W, Gao L, et al. Transmission heterogeneities, kinetics, and controllability of SARS-CoV-2. doi:10.1126/science.abe2424
2. Davies NG, Klepac P, Liu Y, et al. Age-dependent effects in the transmission and control of COVID-19 epidemics. *Nature Medicine*. 2020;26(8):1205-1211. doi:10.1038/s41591-020-0962-9
3. Buitrago-Garcia D, Egli-Gany D, Counotte MJ, et al. Occurrence and transmission potential of asymptomatic and presymptomatic SARSCoV-2 infections: A living systematic review and meta-analysis. *PLoS Medicine*. 2020;17(9):1-25. doi:10.1371/journal.pmed.1003346
4. Smith RL, Gibson LL, Martinez PP, et al. Longitudinal assessment of diagnostic test performance over the course of acute SARS-CoV-2 infection. *medRxiv: the preprint server for health sciences*. March 2021:2021.03.19.21253964. doi:10.1101/2021.03.19.21253964
5. Mc Evoy D, McAloon CG, Collins ÁB, et al. The relative infectiousness of asymptomatic SARS-CoV-2 infected persons compared with symptomatic individuals: A rapid scoping review. *medRxiv*. 2020.
6. Dattner I, Goldberg Y, Katriel G, et al. The role of children in the spread of COVID-19: Using household data from Bnei Brak, Israel, to estimate the relative susceptibility and infectivity of children. *PLoS Computational Biology*. 2021;17(2):e1008559. doi:10.1371/JOURNAL.PCBI.1008559
7. Munday JD, Jarvis CI, Gimma A, et al. Estimating the impact of reopening schools on the reproduction number. *medRxiv*. 2021:2021.03.06.21252964. doi:10.1101/2021.03.06.21252964

