

Auteurs Ir. F.G.H. (Frans) Koene, Dr. ing. A.A.L. (Roberto) Traversari, Ir. C.E. (Lisette) Rueb

P3Venti: Programma Pandemische Paraatheid met Ventilatie

Tijdens de COVID-19 pandemie bleek dat er een groot gebrek was aan kennis over de verspreiding van en de kans op besmetting door het SARS-CoV-2 virus. Daardoor was het voor onder meer beslissers in de zorg en de sport en voor beleidsmakers moeilijk de juiste beslissingen te nemen om besmettingen zo veel mogelijk te voorkomen. Op verzoek van VWS heeft het RIVM zes kennishiaten geïdentificeerd met betrekking tot de verspreiding van het SARS-CoV-2-virus via de lucht. Het P3Venti programma, dat loopt van januari 2022 tot juli 2025, heeft als doel bij te dragen aan het kennisniveau om deze kennishiaten in te vullen.

De COVID-19 pandemie heeft duidelijk gemaakt dat het noodzakelijk is om de kennisbasis en kennisparaatheid te versterken om bij toekomstige pandemieën beter voorbereid te zijn en sneller en effectiever te kunnen reageren. Ook kan met meer actuele kennis mogelijk worden voorkomen dat er maatregelen noodzakelijk zijn die de maatschappij ontwrichten. De Onderzoeksraad voor Veiligheid concludeerde in 2022: "In de langdurige zorg werden al vrij snel de strikte contactbeperkingen en veiligheidsmaatregelen die vanuit medisch-perspectief werden genomen, als onacceptabel ervaren en ontstond in de sector behoefte aan beleid met een betere balans tussen infectiepreventie, kwaliteit van zorg en kwaliteit van leven" (bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid, Aanpak coronacrisis. Deel 1: tot september 2020. Den Haag)

Dit inzicht vormt de basis van het Programma Pandemische Paraatheid dat door TNO is opgezet en dat wordt gefinancierd door het ministerie van VWS. De doelstellingen en beleidsopgaven die dit programma vormgeven, zijn vooral de volgende:

1. Het minimaliseren van vermijdbare sociaal-maatschappelijke en economische gevolgschade door effectieve en proportionele inzet van maatregelen en

Highlights

- Kennis over hoe lang virussen infectueus blijven in aerosolen, en wat de invloed is van omgevingscondities zoals temperatuur en vochtigheid
- Onderzoek naar de rol van ventilatie bij het reduceren van de blootstelling aan virussen
- Resultaten dragen bij aan een beter onderbouwde besluitvorming bij een volgende pandemie
- Zowel technisch onderzoek, als onderzoek naar maatschappelijke implicaties om te komen tot handelingsperspectieven voor verschillende stakeholders

2. Het borgen van de continuïteit van tenminste de kritiek-planbare zorg en het overeind houden van de kwaliteit van zorg en kwaliteit van leven in de zorg.

Het onderzoeksprogramma Pandemische Paraatheid en Ventilatie (P3Venti) bouwt hiertoe praktisch toepasbare kennis op over de verspreiding van en blootstelling aan virussen en andere pathogenen door de lucht (aerogene route) en de rol van ventilatie daarbij. De zes eerder genoemde kennishiaten van het RIVM zijn vertaald naar een aantal kennisvragen waar het programma P3Venti aan bij zal dragen:

- A. Hoe groot is de kans dat iemand via de lucht besmet raakt met een virus?
- B. Hoe belangrijk is, op basis van een literatuurstudie, besmetting via de lucht vergeleken met andere besmettingsroutes (zoals direct contact of contact via besmette oppervlakken)?
- C. Hoe draagt de ventilatievoorziening bij aan verspreiding van aerosolen door een ruimte?
- D. Hoe effectief draagt ventilatie bij aan het verlagen van de blootstelling aan aerosolen in een ruimte?
- E. Wat kost een versnelling in de verbetering van ventilatiesystemen en welke maatschappelijke baten staan daar tegenover?



Foto 1: Foto van een meting in de test faciliteit van de Technische Universiteit Eindhoven. (bron: TNO)

De impact van de COVID-19 pandemie was vooral groot in de langdurige zorg en sportvoorzieningen. Immers, tussen 2020 en 2023 vond de helft van de COVID-19 sterfgevallen plaats in een zorginstelling (bron: (COVID-19; plaats overlijden, Wlz, leeftijd, 2020-2022* | CBS). Ook vele sportvoorzieningen zoals voor fitness, yoga en zwembaden moesten dicht, wat het welzijn en de gezondheid van de mensen zwaar belastte. Om die redenen is in de loop van het programma besloten de focus te richten op de langdurige zorg en de zogenaamde maatschappelijk urgente sportvoorzieningen (medische fitness, kleinschalige fitness en zwembaden).

Doelstellingen

P3Venti heeft als algemeen doel om praktisch toepasbare kennis op te bouwen over de verspreiding van en blootstelling aan virussen en andere pathogenen door de lucht (aerogene route) en de rol van ventilatie daarbij. Specifiek doel is om met die kennis operationeel managers, met name in de langdurige zorg en de maatschappelijk urgente sportvoorzieningen, en beleidsmakers bij de overheid in staat te stellen beter onderbouwde keuzes te kunnen laten maken op het gebied van de inzet van ventilatie om besmettingen zo veel mogelijk te voorkomen.

Daarnaast is het doel het verspreiden van de opgebouwde kennis en het opzetten van een kennisnetwerk.

Aanpak

Op basis van de kennisvragen zijn vier handelingsperspectieven gedefinieerd waarin de antwoorden op de kennisvragen worden verwerkt. Deze handelingsperspectieven zijn:

1. WIR (waardes, interacties en risico's)-model, met als doelgroep besluitvormers bij zorgorganisaties en maatschappelijk urgente sportvoorzieningen;
2. Afwegingskader, met als doelgroep besluitvormers bij instellingen en beleidsmakers bij de overheid;
3. Gebruik en systeemconfiguratie, met als doelgroep zorgverleners en ventilatietechnische adviseurs;
4. Transmissieroute met als doelgroep de wetenschap.

WIR-model

Het WIR-model is opgezet op basis van een literatuurstudie naar de kwaliteitsindicatoren die worden gebruikt bij het nemen van beslissingen in langdurige zorginstellingen. Hiervoor zijn wetenschappelijke artikelen en beleidsstukken onderzocht. Daarnaast is er veldwerk gedaan (technische schouw, positiemetingen, observaties en interviews) in dergelijke instellingen om de interacties tussen mensen, het gebouw en het gebruik van het gebouw in kaart te brengen. Voor de maatschappelijk urgente sportvoorzieningen zijn overeenkomsten en verschillen met de zorginstellingen in kaart gebracht en aangevuld waar nodig.

Daarnaast zijn er interviews gehouden met stakeholders (managers, medewerkers en gebruikers) van langdurige zorginstellingen en maatschappelijk urgente sportvoorzieningen om te achterhalen welke factoren (praktische, ethische, etc.) het besluitvormingsproces over maatregelen tijdens een pandemie beïnvloeden, welke waardes en

risico's daarbij een rol spelen en hoe de afweging tussen waarden en risico's wordt gemaakt.

Afwegingskader

Het afwegingskader is tot stand gekomen door een combinatie van terugblik, verdieping en vooruitblik. In 2023 en deels 2024 is het besluitvormingsproces rondom ventilatie tijdens de Covid-pandemie geanalyseerd, en is een krachtenveldanalyse uitgevoerd. In 2024 zijn deze inzichten aangevuld met wetenschappelijke literatuur over besluitvorming, wat resulteerde in een theoretisch afwegingskader en een besluitvormingskader. Deze kaders zijn vervolgens uitgewerkt tot een handelingsperspectief dat toepasbaar is in de praktijk. Ter verrijking zijn interviews en workshops gehouden met besluitvormers en beleidsmakers uit verschillende sectoren. In het resterende deel van het project wordt verder ingegaan op de praktische toepasbaarheid van dit handelingsperspectief, waarbij co-creatie met besluitvormers centraal staat.

Gebruik en systeemconfiguratie

Het onderzoek naar systeemconfiguratie is uitgevoerd met een combinatie van metingen en computerberekeningen (Computational Fluid Dynamics [CFD]) van luchtstromingen in een ruimte. Metingen zijn uitgevoerd in een speciaal gebouwde meetopstelling die een huiskamer van een zorginstelling representeert (zie Figuur 1). De metingen zijn ook gebruikt ten behoeve van een validatiestap en een variantenstudie met behulp van CFD.

In de varianten studie zijn verschillende configuraties van een ventilatiesysteem doorgerekend, door bijvoorbeeld het aantal toe- en afvoerroosters en de plaats ervan in de ruimte te variëren. Naast het ontwikkelen van voorschriften voor een goed

gebruik van CFD voor dit soort vraagstukken leveren de uitgevoerde metingen en simulaties ook ondersteuning bij het vinden van 'best practices' voor ventilatiesystemen.

Transmissieroute

Voor dit onderzoek worden aerosolen met virussen in de lucht gebracht, die enige tijd in de lucht zweven en tenslotte worden opgevangen. Vervolgens wordt bepaald of de virussen in de aerosolen nog infectieus zijn, dus of ze nog iemand ziek kunnen maken. Het is bekend dat omgevingscondities, zoals temperatuur en luchtvochtigheid, het 'overleven' van virussen in aerosolen beïnvloeden, en deze zijn daarbij gevarieerd.

Kennisverspreiding en kennisnetwerk

Kennisverspreiding gebeurt met een programmawebsite. Deze presenteert de opgebouwde kennis, zowel binnen P3Venti als daarbuiten over de verspreiding van virussen en andere pathogenen door de lucht. Dit gebeurt onder meer in de vorm van Q&A's (questions and answers).

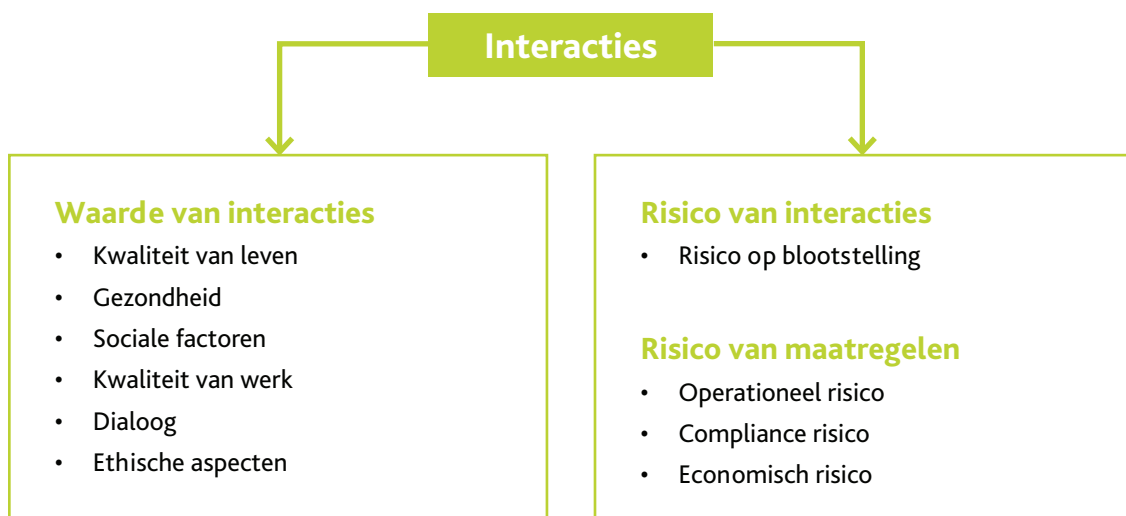
Kennisverspreiding gebeurt daarnaast door het organiseren van (inter)nationale symposia.

Voor het opzetten en onderhouden van een kennisnetwerk is een LinkedIn-pagina opgezet, waar kennis wordt gedeeld en waar deelnemers met elkaar in contact kunnen komen.

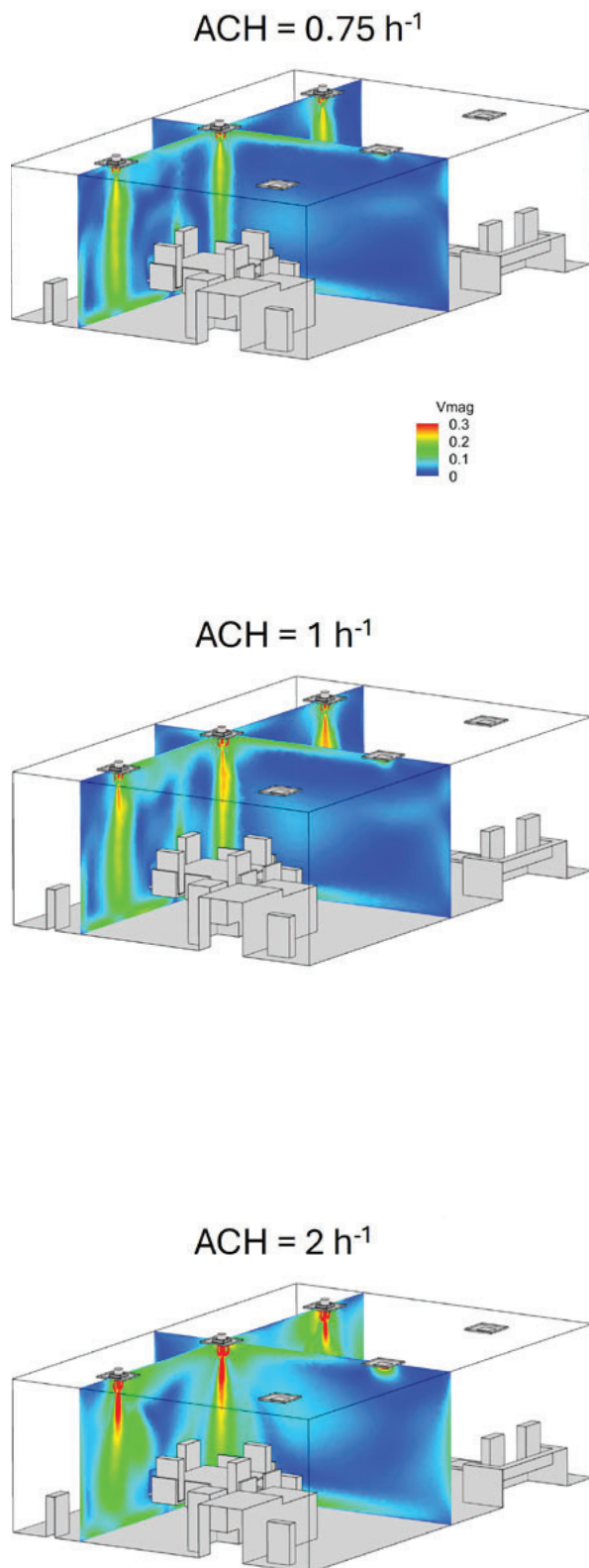
Eerste resultaten

WIR-model

Overall komen mensen met elkaar in contact, ook in zorginstellingen en in sportvoorzieningen. We noemen dat interacties. Mensen zijn sociaal, dus die interacties zijn belangrijk, die hebben waarde. Maar in tijden van een pandemie brengen die interacties ook risico's op



Figuur 1: Samenvatting van het opgestelde WIR-model. (bron: TU/e)



blootstelling met zich mee. Hoe kunnen we de waarde van de interacties behouden en tegelijk er voor zorgen dat de risico's ervan niet te groot worden? Daarvoor is het WIR-model opgesteld, dat staat voor waarden, interacties en risico's (zie Figuur 1).

Het model werkt met stoplichten: de kleur geeft aan hoe ernstig de situatie is en de maatregelen worden daarop afgestemd. In een zorginstelling betekent een groen stoplicht bijvoorbeeld geen of maximaal één geconstateerde besmetting. Dan kunnen we volstaan door bij die persoon meer afstand te houden, mondkapjes te dragen of beschermingspakken aan te trekken. Bij een oranje kleur is de situatie ernstiger, dan is bijvoorbeeld een hele afdeling besmet. We zouden deze afdeling kunnen afzonderen of sluiten. Bij de kleur rood kan de hele zorginstelling besmet zijn. Mogelijke maatregelen zijn dan beschermingspakken aantrekken voor bezoekers, of alleen achter glas naar elkaar zwaaien. En als ultieme maatregel de gehele zorginstelling sluiten voor bezoekers.

Afwegingskader

Besluitvorming tijdens een pandemie is complex. Er is vaak beperkte kennis beschikbaar, de urgentie is hoog en verschillende stakeholders hebben uiteenlopende en vaak ook tegenstrijdige belangen. Toch moeten er in de praktijk duidelijke keuzes worden gemaakt met vaak verstrekkende gevolgen. In P3Venti is onderzocht hoe de besluitvorming over ventilatie tot stand kwam tijdens de COVID-19 pandemie en hoe die te verbeteren. In situaties met veel onzekerheid wordt vaak standaard gekozen voor een evidence-based benadering. Maar als kennis onvolledig is – zoals tijdens de afgelopen pandemie – blijkt dat niet altijd de beste aanpak. In de praktijk spelen ook waarden, belangen en politieke overwegingen een rol.

In P3Venti zijn op basis van praktijkonderzoek en wetenschappelijke inzichten twee kaders ontwikkeld die kunnen helpen bij besluitvormingsprocessen:

1. Het afwegingskader helpt om expliciet te maken welke waarden en belangen prioriteit krijgen. Denk aan veiligheid, gezondheid, continuïteit van zorg of maatschappelijke impact.

Figuur 2: Voorbeeldresultaten van luchtsnelheidscontouren (nog niet gevalideerd tussenresultaat) berekend met CFD voor de onderzocht experimentele opstelling. ACH staat voor air changes per hour. (bron: TU/e)

Samenwerking

P3Venti is een onderzoeksproject met de ambitie om praktisch toepasbare kennis te ontwikkelen die beslissers en beleidsmakers helpt om afgewogen en onderbouwde beslissingen te kunnen nemen over ventilatie.

Het interdisciplinaire P3Venti consortium wordt gevormd door Nederlandse kennisinstellingen (Universiteit Utrecht, TNO, Technische Universiteit Eindhoven, Technische Universiteit Delft en Universiteit Leiden), het Economisch instituut voor de bouw, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, de Saxion Hogeschool, het Erasmus Medisch Centrum Rotterdam en het Mulier Instituut).

In het P3Venti programma werken we nauw samen met complementaire onderzoekprogramma's zoals CLAIRE, PDPC, MIST, Buildings Post Corona en E3.

Het programma pandemische paraatheid met ventilatie P3Venti wordt mogelijk gemaakt door financieringen van het Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport en gecoördineerd en gecoördineerd door TNO.

2. Het besluitvormingskader maakt zichtbaar hoe besluiten uitpakken afhankelijk van welk besluitvormingsmodel wordt toegepast: rationeel, politiek of incrementeel bijvoorbeeld. Ook de mate van beschikbare kennis en urgentie speelt een rol.

Ter verrijking van het inzicht in besluitvorming hebben we daarnaast een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) uitgevoerd. Dit hielp om de impact van verschillende keuzes in kaart te brengen en te onderbouwen welke beslissingen maatschappelijk en economisch verantwoord zijn.

Deze kaders zijn vervolgens onder beslissers binnen langdurige zorginstellingen en sportvoorzieningen én op beleidsmakers bij het ministerie van VWS getoetst. Dit leverde beter onderbouwde en meer transparante besluitvorming op en verhoogde het bewustzijn over hoe waarden en modellen de keuzes beïnvloeden.

Gebruik en systeemconfiguratie

Goede en voldoende ventilatie in een ruimte is niet alleen nodig voor een gezond binnenklimaat, het is ook een wettelijke verplichting. Het Besluit bouwwerken leefomgeving schrijft voor hoeveel ventilatie in een ruimte nodig is. Tot nu toe gingen we er vanuit dat het niet heel veel uitmaakt hoe die lucht in de ruimte wordt gebracht. De verse lucht

menkt toch wel met de lucht in de ruimte. Uit de metingen blijkt echter dat verse lucht lang niet altijd alle hoeken van een ruimte bereikt. Daarom is het ook belangrijk om te weten hoe lucht zich in een ruimte verspreidt. Dus het ontwerp van het ventilatiesysteem moet verder gaan dan enkel het voorschrijven van de luchthoeveelheid.

Binnen P3Venti is er daarom veel aandacht voor hoe lucht zich verspreidt in een ruimte. Met een speciaal gebouwde testfaciliteit kunnen we onder gecontroleerde omstandigheden verschillende ventilatie-oplossingen testen. Metingen zijn uitgevoerd voor opstellingen die een typische huiskamer in een langdurige zorginstelling representeren, maar ook een omkleedruimte in een zwembad of een kleine fitnessruimte. Door te variëren in het ventilatiedebiet, het type en de positie van toe- en/of afvoeropeningen en de positie van een (infectie-) bron hebben we kunnen onderzoeken hoe effectief de ventilatie is. Omdat we niet een testfaciliteit kunnen bouwen en metingen uitvoeren voor alle mogelijke situaties, wordt daarnaast ook het gebruik van CFD voorzien (zie Figuur 2). Met CFD kunnen we niet alleen veel verschillende configuraties doorrekenen,

maar de berekeningen geven ook in meer detail inzicht hoe effectief de ventilatie is. De metingen die we in P3Venti hebben gedaan, worden gebruikt om de CFD modellen te valideren. Met zo'n gevalideerd model kunnen vervolgens variantenstudies worden uitgevoerd. We hebben hierbij ook nagedacht over hoe de prestatie van een ventilatie systeem weer te geven. Immers, we zijn geïnteresseerd in meer dan alleen de luchthoeveelheid.

In de toekomst willen we de resultaten uit het onderzoek naar de transmissieroute (zie hierna), met name hoe lang virussen in kleine druppeltjes (aerosolen) besmettelijk blijven, toevoegen aan het CFD-model. Zo kunnen we zien of de kans op besmetting bij een bepaalde ventilatieconfiguratie lager is dan bij een andere.

De ontwikkelde kennis wordt vertaald in een handelingsperspectief voor de gebruikers, zodat zij eenvoudig de status van een ventilatiesysteem kunnen toetsen. Voor de ontwerpers en adviseurs wordt een handreiking ontwikkeld die ondersteuning geeft bij het ontwerp van de ventilatie en de analyse daarvan. In beide gevallen is het doel het reduceren van de blootstelling aan een infectueus pathogeen.

Transmissieroute

Om iemand ziek te maken is het noodzakelijk dat het virus iemand kan besmetten, het moet infectieus zijn. Bij het uitademen door een zieke persoon zijn veel virussen in aerosolen bij het verlaten van neus of mond nog infectieus, maar niet meer als ze enige tijd in de lucht zweven. Zijn virussen niet meer infectieus, dan wordt de persoon die ze inademt ook niet meer ziek.

Hoe lang een virus in een aerosol infectieus blijft is belangrijke informatie. Wordt een virusdeeltje snel geïnactiveerd, dan zullen mensen in de omgeving minder snel besmet worden. Duurt het lang voordat een virusdeeltje wordt geïnactiveerd, dan kan het langere tijd na uitademing iemand nog besmetten. In een speciaal ontwikkelde testopstelling kunnen we dit onderzoeken. Figuur 4 toont een foto van aerosolen die in de testopstelling 'gevangen' zijn en gedurende

een bepaalde tijd worden blootgesteld aan de te onderzoeken condities. Het blijkt dat omgevingscondities zoals temperatuur, relatieve luchtvochtigheid en CO₂-concentratie van invloed zijn op hoe lang een virus infectieus blijft. Bij sommige virussen is meer dan 90% binnen een aantal minuten geïnactiveerd, maar dit kan onder andere omgevingscondities een aantal uren duren. Ook blijkt dat sommige virussoorten veel stabiel zijn dan andere, en dus langer overleven in een aerosol. Met de hier verkregen informatie kunnen we richtlijnen opstellen voor maatregelen om de 'overlevingstijd' van virussen in de lucht zo kort mogelijk te maken. Kennis hierover zijn we aan het opbouwen voor verschillende virussoorten.

Kennisverspreiding en kennisnetwerk

Kennis wordt onder meer verspreid met de programmawebsite (p3venti.nl/). Deze heeft twee doelgroepen. De eerste is de wetenschap. De website presenteert de resultaten van wetenschappelijk onderzoek met opgebouwde kennis over de rol van verspreiding door de lucht (aerogene route) bij virussen en andere pathogenen, onder meer met Q&A's. De tweede doelgroep zijn mensen die op zoek zijn naar praktisch toepasbaar advies: facilitair managers van zorginstellingen en maatschappelijk urgente sportvoorzieningen, deskundigen infectiepreventie en adviseurs.

Op 28 februari 2024 is het eerste P3Venti symposium georganiseerd in Zoetermeer. Er was een plenaire sessie met presentaties door P3Venti consortium partners en een aantal workshops. Er waren circa 65 deelnemers, ook uit vergelijkbare programma's in Finland en Noorwegen. In oktober 2025 wordt een eindsymposium gehouden, ook weer met plenaire presentaties en interactieve workshops over de handelingsperspectieven voor stakeholders.

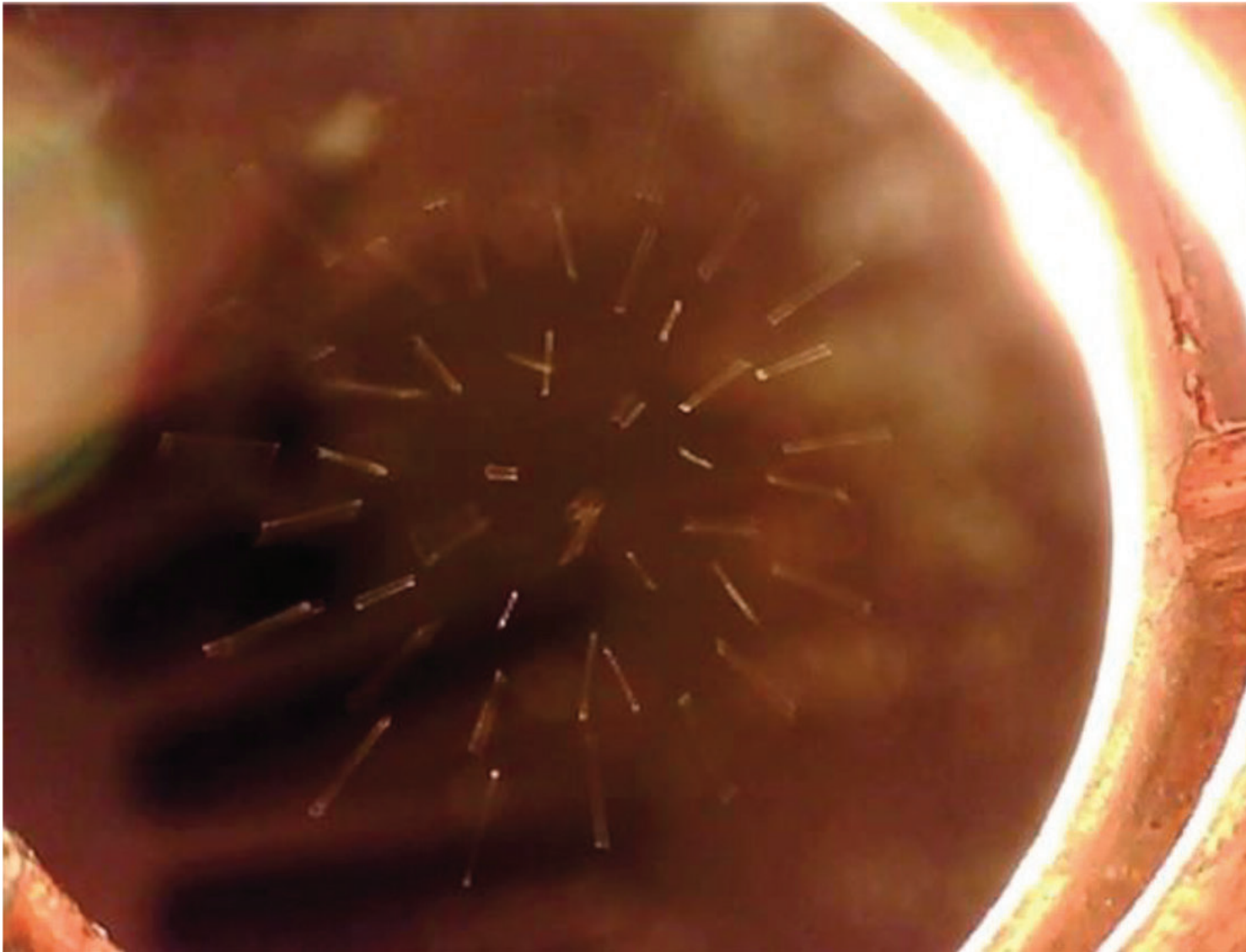


Foto 2: Foto van aerosolen die in de speciaal ontwikkelde testopstelling 'gevangen' zijn. De streepjes zijn de aerosolen die trillen in de lucht. (bron: TNO)

Kennis wordt ook gedeeld via een LinkedIn pagina ([linkedin.com/company/p3venti/](https://www.linkedin.com/company/p3venti/)) en er is een groep aangemaakt ([linkedin.com/groups/12831066/](https://www.linkedin.com/groups/12831066/))

Naast het inhoudelijke werk is een belangrijke doelstelling van het programma het opzetten van een kennisnetwerk van experts en gebruiksgroepen. Via LinkedIn ontstaat een relatienetwerk met gebruikers en wetenschappers die elkaar goed weten te vinden. Verder is zowel nationaal als internationaal aansluiting gezocht bij andere programma's zoals CLAIRE[1], PDPC[2], MIST[3], Buildings

Post Corona[4] en E3[5]. Daarnaast wordt er ook samengewerkt met de universiteit van Bristol op het gebied van inactivatie van virussen.

Referenties

1. <https://claireproject.nl/>
2. <https://convergence.nl/nl/pandemic-disaster-preparedness-center/>
3. www.mist-project.nl/

4. Buildings post corona
5. <https://www.pandemicresponse.fi/>