

# Duurzame schoolgebouwen

in het primair en voortgezet onderwijs in 2050

onderzoek naar het onderwijshuisvestingssysteem



Rens van Hal

Thesis Master Real Estate, 2023

Auteur Rens van Hal

Master Real Estate

TiasNimbias Tilburg, Nederland

Begeleider - eerste lezer: Ingrid Janssen

Tweede lezer: Menno Maas

Datum 8 oktober 2023

omslag:

Schoolgebouw uit 1922 gerenoveerd tot aardgasvrij en energieneutraal gebouw opgeleverd in 2020

bron: Integraal huisvestingsplan gemeente Delft 20201

## Voorwoord

Het idee voor het onderzoek naar het ontwikkelen en presteren van duurzame schoolgebouwen is ontstaan door mijn werkzaamheden als beleidsmedewerker onderwijshuisvesting in de gemeente Delft.

In Delft ben ik mede verantwoordelijk voor het verduurzamen van de schoolgebouwen. Delft moet om de doelstellingen van het Klimaatakkoord in 2050 te kunnen halen in zevenentwintig jaar zevenenvijftig schoolgebouwen met in totaal ruim 120.000m<sup>2</sup> bruto vloeroppervlakte renoveren (8), vervangen (34) of aanpassen (8) tot aardgasvrije energieneutrale gezonde schoolgebouwen met een totale investering van ruim vierhonderd miljoen euro, wat een enorme opgave is voor Delft.

In de twee gerealiseerde schoolgebouwen zijn problemen met het afstellen en beheren van de installaties, is twijfel over het binnenklimaat en de hoogte van de exploitatiekosten. Bij de ontwikkeling van drie nieuwe schoolgebouwen is de ontwikkeltijd erg lang en kostbaar. Daarnaast is er weinig grip op ontwikkelproces, de bouwkosten en de kwaliteit. Op dit moment ligt in Delft het tempo op één nieuw schoolgebouw per twee jaar terwijl dit twee schoolgebouwen per jaar zou moeten zijn om de doelstelling te kunnen halen.

De vragen die dit oproepen zijn; is dit een Delfts of een Nederlands probleem en wat moet er verbeteren om het proces te versnellen en grip op kosten en de kwaliteit te krijgen, zodat de gebouwen gaan presteren zoals vooraf bedacht. Tijdens de gesprekken die ik met alle betrokken partijen; gemeenten, schoolbesturen, adviseurs, uitvoerende partijen, ministerie van Onderwijs, Wetenschap en Cultuur, PO- en VO-raad, Vereniging Nederlandse gemeenten, Ruimte-OK en Invest-NL heb gevoerd werd duidelijk dat het niet een Delfts maar een Nederlands probleem is.

In eerste instantie dacht ik, vanuit de ervaringen in Delft, dat het een verbeterprobleem was. Door de ontwikkelprocessen en de schoolgebouwen te standaardiseren en te digitaliseren zou in een korter tijdsbestek een beter en betaalbaarder schoolgebouw kunnen worden opgeleverd. Door het onderzoek in de wetenschappelijk literatuur en het bureau- en veldonderzoek kwam ik er achter dat het geen verbeter- maar een veranderprobleem is door het systeemfalen van het onderwijshuisvestingssysteem.

Nederland staat voor een enorme opgave om in zevenentwintig jaar zesenzeventighonderd schoolgebouwen met een oppervlakte van eenentwintig miljoen m<sup>2</sup> om te vormen tot duurzame gezonde schoolgebouwen. Gezonde schoolgebouwen zijn noodzakelijk voor de leerprestaties en gezondheid van leerlingen en leraren. Deze schoolgebouwen moeten weinig energie verbruiken en CO<sub>2</sub> uitstoten om de klimaatdoelstellingen te kunnen halen.

Dit onderzoek naar het onderwijshuisvestingssysteem wil een bijdrage leveren aan de opgave die voor ons ligt; zorgen dat alle schoolgebouwen van het primair en voortgezet onderwijs in Nederland voor 2050 weinig energie verbruiken en CO<sub>2</sub> uitstoten, betaalbaar en vooral gezond zijn.

Rens van Hal

Oktober 2023

## 0. Samenvatting

In deze verkennende casestudie wordt onderzocht of binnen het huidige systeem van onderwijshuisvesting de doelstelling kan worden gehaald om zesenzeventighonderd verouderde schoolgebouwen in het primair en voortgezet onderwijs voor 2050 te vervangen of aan te passen tot duurzame gezonde schoolgebouwen. De opgave komt vanuit twee onderliggende redenen: het klimaatakkoord en de coronacrisis.

De definitie van een duurzaam schoolgebouw is volgens de Vereniging Nederlandse Gemeenten en de PO- en VO-raad een schoolgebouw met een gezond binnenklimaat, laag energieverbruik (energieneutraal) en CO<sub>2</sub> uitstoot en betaalbaar in stichtings- en exploitatiekosten. Deze definitie wordt door het Rijk, de gemeenten en de schoolbesturen geaccepteerd en toegepast. Deze definitie wordt daarom in dit onderzoek gehanteerd.

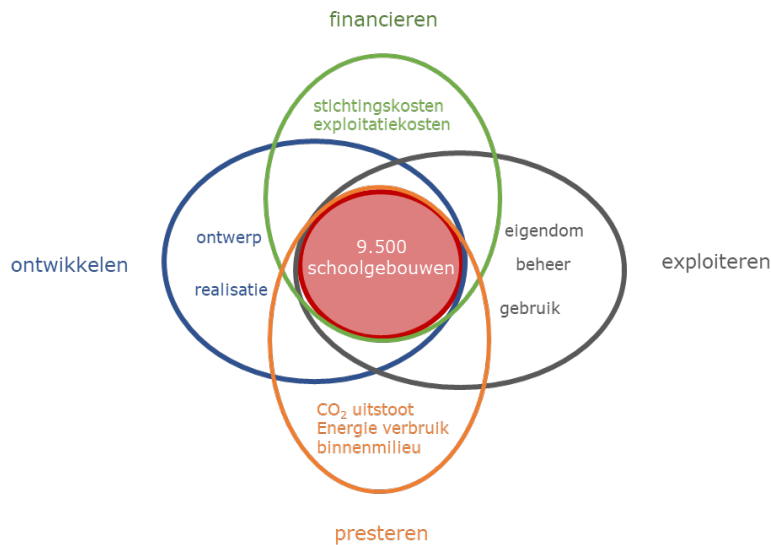
De aanleiding voor het onderzoek zijn de ervaringen in de gemeente Delft. Delft zal de doelstelling niet halen met de wijze waarop het ontwikkelproces voor de scholenbouw is ingericht. Daarnaast zijn er vragen over de prestaties en stichtings- en exploitatiekosten van de gerealiseerde schoolgebouwen. Zowel Elkhuizen et al. (2005), De Wilde (2014) als Van Dronkelaar et al. (2016) vinden, net als bij de Delftse schoolgebouwen, in hun onderzoeken naar het presteren van kantoorgebouwen met klimaatinstallaties, een prestatiekloof tussen het ontwerp en het uiteindelijke energiegebruik. Dit roept de vragen op; is dit een Delfts of een landelijk probleem en wat moet er aan het ontwikkelproces worden verbeterd om het proces te versnellen en schoolgebouwen te realiseren die beter presteren. De onderzoeksvraag is;

*Is de huidige systematiek van onderwijshuisvesting; het ontwerpen, bouwen, financieren en beheren van schoolgebouwen een goede basis voor de realisatie van de doelstelling dat alle schoolgebouwen in 2050 betaalbare, energiezuinige gebouwen zijn met een gezond binnenklimaat.*

Sinds de realisatie van duurzame schoolgebouwen is geen onderzoek gedaan naar het proces om te komen tot, en de prestaties van, duurzame schoolgebouwen. Het doel van het onderzoek is om mogelijke knelpunten binnen het huidige onderwijshuisvestingssysteem bloot te leggen, aanbevelingen tot verbetering te doen om zo een bijdrage te leveren aan het behalen van de doelstelling.

Vanuit het theoretisch kader wordt duidelijk dat het schoolgebouw uit vier componenten bestaat; ontwikkelen, presteren, financieren en exploiteren, die elkaar overlappen en beïnvloeden. De componenten met hun facetten zijn bepalend voor het halen van de doelstelling.

Naast de vier componenten maken vijf partijen; het Rijk, de gemeenten, de schoolbesturen, adviseurs en uitvoerende partijen onderdeel uit van het onderwijshuisvestingssysteem. Door het grote aantal mogelijke combinaties van actoren en factoren waarvan de relaties tussen die elementen niet stabiel is, is het gevolg dat iets wat de vorige keer goed werkte dat nu absoluut niet hoeft te doen waardoor er sprake is van een complex (onderwijshuisvesting) systeem (Glouberman en Zimmerman, 2002). Omdat er bij het onderwijshuisvestingssysteem wordt uitgegaan van een gecompliceerd en niet een complex systeem is er sprake van een systeemfalen.



Figuur 1: Schematisch model componenten schoolgebouwen

De conclusie vanuit de literatuurstudie is; om de doelstelling te kunnen realiseren kan niet alleen naar de afzonderlijke componenten, maar moet naar het hele onderwijshuisvestingssysteem worden gekeken. Onderzocht moet worden op welke wijze het onderwijshuisvestingssysteem moet worden ingericht om de doelstelling; *in 2050 zijn alle schoolgebouwen duurzaam*, te kunnen halen.

Om de onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden is dit onderzoek opgezet als een verkennende casestudie van een sector (onderwijshuisvesting). Hierbij zijn bij alle betrokken partijen binnen de sector semigestructureerde interviews afgenomen om een goed inzicht in de problematiek en de mogelijke oplossingen te krijgen. Dit biedt de mogelijkheid om verdiepende vragen te stellen waardoor nieuwe feiten naar voren kunnen komen die kunnen leiden tot beter inzicht (Bougie en Sekaran, 2020).

Uit het veld- en bureauonderzoek wordt duidelijk dat de opgave; *in 2050 zijn alle schoolgebouwen volgens de definitie duurzaam*, niet wordt gehaald. De algemene opinie is dat het tempo van de realisatie van de schoolgebouwen moet worden versneld van een vervangingspercentage van 1% naar 3,5% per jaar. Het resultaat van de metingen van het binnenklimaat bij drie schoolgebouwen toont aan dat aan één van de eisen van de definitie, een gezond schoolgebouw, kan worden voldaan. Aan de andere eisen wordt niet voldaan of er is geen zicht op. Hierdoor kan ook niet worden vastgesteld hoe de duurzame schoolgebouwen presteren en of er sprake is van een prestatiekloof.

Uit de interviews komt naar voren dat de partijen delen van de problematiek overzien, niet het geheel. Hierdoor zien zij het probleem als een verbeterprobleem en komen met deorzaken en deeloplossingen. Het veld- en bureauonderzoek heeft, net als de wetenschappelijke literatuur, uitgewezen dat het halen van de doelstelling geen verbeterprobleem is maar een veranderprobleem en dat er sprake is van een systeemfalen.

De wijze waarop het onderwijshuisvestingssysteem nu is ingericht, met de vele actoren en onzekere factoren: ontwikkelen, presteren, exploiteren en financieren, kan de doelstelling niet worden bereikt. Dit maakt het probleem complex. Een complex probleem vraagt volgens de theorie van Rotmans en Loorbach (2009) om een herstructurering van een maatschappelijk (onderwijshuisvesting) systeem. Het onderzoek bekrachtigt de conclusie van het theoretisch kader. Het onderwijshuisvestingssysteem zal een transitie moeten doormaken en waarbij ook de

schoolgebouwen opnieuw moeten worden ontwikkeld en ingericht om de doelstelling te kunnen halen.

Een methode voor het ontwikkelen van een nieuw onderwijshuisvestingssysteem kan de benadering van de transitietheorie van Dirven et al. (2002) zijn. Hierbij wordt in transitiearena's (vernieuwingsnetwerken) door alle actoren/stakeholders met theoretische- en ervaringskennis, een werkwijze ontwikkeld voor de inhoudelijke en procesmatige aanpak van transitie (Dirven et al., 2002).

De eerste stap is dat de eisen voor een goed duurzaam schoolgebouw op basis van een passief installatie-arme schoolgebouw met de betrokken partijen worden opgesteld en vastgelegd in de wet. Het opzetten van pilots zoals voorgesteld in Innovatieprogramma Onderwijshuisvesting (2023) kan hierbij meer inzicht geven.

De volgende stap; is met elkaar bepalen wie de scholen bouwt, beheert en wie eigenaar is van deze gebouwen. Ontwikkelen en beheren van vastgoed is geen kerntaak van gemeente noch van schoolbesturen. Door andere samenwerkingsvormen, regionalisering en/of werken met professionele vastgoedorganisaties kunnen wellicht betere resultaten worden gehaald en het aantal financiers en opdrachtgevers worden teruggebracht waardoor de opgave wat minder complex wordt.

Op dit moment is niet duidelijk wie verantwoordelijk is voor de opgave, het Rijk, de 342 gemeenten of de 1.365 schoolbesturen. Om een transitie te kunnen laten slagen moet een partij het voortouw nemen en de transitie faciliteren en de transitiearena's organiseren. Hierbij is voor de overheid, OCW, een belangrijke rol weggelegd.

# Inhoud

Voorwoord.....	3
0. Samenvatting .....	4
1.    Introductie .....	9
1.1    Inleiding en aanleiding .....	9
1.2    Doel van het onderzoek .....	10
1.3    Onderzoeksvraag .....	11
1.4    Relevantie van het onderzoek .....	11
1.5    Leeswijzer .....	13
2.    Theoretisch kader .....	14
2.1    Ontwikkelen.....	15
2.2    Presteren .....	17
2.2.1    Energieverbruik.....	17
2.2.2    Een gezond schoolgebouw.....	18
2.3    Financieren.....	21
2.4    Exploiteren .....	22
2.5    Conclusie theoretisch kader en vervolg onderzoek .....	24
3.    Onderzoeksmethode.....	26
3.1    Onderzoeksmethode en strategie .....	26
3.2    Opzet van het onderzoek.....	27
3.3    Dataverzameling .....	29
3.4    Data-analyse .....	30
4.    Resultaten onderzoek .....	32
4.1    Ontwikkelen.....	33
4.1.1    Mogelijke oorzaken .....	33
4.1.2    Mogelijke oplossingen .....	35
4.2    Presteren .....	37
4.2.1    Energieverbruik.....	37
4.2.2    Binnenklimaat .....	38
4.3    Financieren.....	41
4.3.1    Gescheiden budgetten bouw en onderhoud .....	41
4.3.2    Stichtingskosten en kapitaallasten VO-scholen .....	43
4.3.3    Stichtingskosten en kapitaallasten PO-scholen .....	45

4.3.4	Vergoeding van het Rijk.....	46
4.3.4	Exploitatiekosten .....	48
4.3.5	Betaalbaarheid .....	49
4.4	Exploiteren .....	50
5.	Conclusie en aanbevelingen.....	53
5.1	conclusie.....	53
5.2	Aanbevelingen .....	55
6.	Literatuur.....	56
Bijlagen:	.....	64
A.	lijst met respondenten .....	64
B.	Lijsten met vragen .....	65
C.	Inventarisatie thema's .....	67
D.	Berekening bijdrage Rijk per Leerling.....	68
E.	Berekening kapitaallasten en vergoeding per leerling .....	69
F.	Meetresultaten klaslokalen .....	70



# 1. Introductie

## 1.1 Inleiding en aanleiding

Nederland telt rond de vijftiennegentighonderd schoolgebouwen met eenentwintig miljoen vierkante meter bruto vloeroppervlakte (BVO) (VNG PO- en VO-raad, 2020 en Algemene Rekenkamer, 2016). In de sectorale routekaart voor verduurzaming van schoolgebouwen van de Vereniging Nederlandse Gemeenten (VNG), PO-raad en VO-raad (2020) staat de doelstelling dat alle schoolgebouwen in 2050 duurzame gebouwen moeten zijn.

Volgens de definitie van de VNG, PO- en VO-raad (sectorraden) heeft een duurzaam schoolgebouw een gezond binnenklimaat, een laag energieverbruik en CO<sub>2</sub> -uitstoot en is betaalbaar, ook in de exploitatiefase. Het gebouw is ondersteunend aan het onderwijs dat gegeven wordt binnen die school, past bij het aantal leerlingen, is inclusief, toegankelijk en toekomstbestendig. Voor de realisatie van deze opgave moet 80% van de schoolgebouwen worden vervangen of gerenoveerd (VNG, 2020).

In dit onderzoek wordt de definitie gehanteerd; een duurzaam schoolgebouw heeft een gezond binnenklimaat, een laag energieverbruik en CO<sub>2</sub> -uitstoot en is betaalbaar, ook in de exploitatiefase. Deze vier aspecten zijn gedefinieerd en de eisen zijn voor elk type en omvang van schoolgebouwen gelijk.

De eisen voor gezond binnenklimaat staan gedefinieerd in het Bouwbesluit 2021 en het Programma van Eisen Frisse scholen (PvE) (RVO, 2021). De norm voor laag energieverbruik ligt vast in de norm energieneutraal gebouw en het WEii protocol voor een gebouw wat voldoet aan het Parijs- en het Klimaatakkoord (*Paris proof*). De betaalbaarheid van een gebouw is gekoppeld aan de bijdrage die het Rijk aan de gemeenten beschikbaar stelt voor de nieuwbouw of renovatie en aan de schoolbesturen voor de exploitatie.

De definitie van een duurzaam schoolgebouw is dus gebaseerd op Nederlandse wet- en regelgeving en beleid. De definitie is bij het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap (OCW), gemeenten en de schoolbesturen algemeen geaccepteerd en wordt door gemeenten en schoolbesturen gehanteerd bij het opstellen van Integraal Huisvestingsplannen (IHP), het opstellen van begrotingen en Programma's van Eisen voor duurzame schoolgebouwen.

De opgave voor het verduurzamen van schoolgebouwen komt vanuit twee onderliggende redenen: het klimaatakkoord en de coronacrisis. In het klimaatakkoord staat dat in Nederland voor 2050 een miljoen gebouwen, waaronder de schoolgebouwen, moeten worden omgevormd tot goed geïsoleerde gebouwen, die met duurzame warmte worden verwarmd en waarin schone elektriciteit wordt gebruikt of zelf wordt opgewekt (Klimaatakkoord, 2019).

De coronacrisis maakte nogmaals het belang van goed geventileerde gebouwen duidelijk voor de gezondheid van leerlingen en leraren. Uit het onderzoek naar de kwaliteit van het binnenklimaat in klaslokalen van Versteeg (2007) blijkt dat 14% van de lokalen voldoen aan de geldende ventilatienormen, 26% van de lokalen met mechanische afzuiging voldoen niet en 60% van de lokalen met natuurlijke ventilatie voldoen op papier, maar in de praktijk niet doordat er te weinig geventileerd wordt. Natuurlijke ventilatie in de winter is niet voldoende voor gezonde schoolgebouwen (LVCS, 2020).

Na de publicatie van de sectorale routekaart in 2020 zijn in Nederland een aantal duurzame schoolgebouwen gerealiseerd. In de gemeente Delft zijn twee duurzame schoolgebouwen, op basis

van bovenstaande definitie gerealiseerd en zijn er twee in ontwikkeling. De schoolbesturen (S6 en S15) geven aan dat de twee gerealiseerde schoolgebouwen een groot verschil laten zien tussen de geplande en werkelijke bouwkosten, onderhoudskosten en energieverbruik. Daarnaast hebben de schoolbesturen grote moeite om de installaties en daarmee het binnenklimaat op orde te krijgen. Het lijkt dat de gerealiseerde schoolgebouwen niet voldoen aan een aantal van de eisen van een duurzaam schoolgebouw.

De twee schoolgebouwen die worden ontwikkeld hebben hoge ontwikkel- en bouwkosten. De geraamde stichtingskosten liggen 40% hoger dan de normbedragen van de VNG. De ontwikkel- en bouwtijd van een schoolgebouw in Delft is zes tot acht jaar. De gemeente Delft realiseert nu gemiddeld één duurzaam schoolgebouw per twee jaar. Dit zou, om de doelstelling in 2050 te kunnen halen, twee schoolgebouwen per jaar moeten zijn. De manier van ontwerpen, bouwen, beheren en financieren van deze duurzame schoolgebouwen is in Delft hetzelfde als de schoolgebouwen van voor 2020. Deze systematiek zorgt er niet voor dat Delft de doelstelling, *“in 2050 zijn alle schoolgebouwen in Delft duurzaam”*, gaat halen.

De vier casussen in Delft zijn aanleiding voor dit onderzoek. De vraag is of dit voor meer gemeenten binnen Nederland geldt en of de wijze waarop het ontwikkel- en realisatieproces is ingericht voor 2050 voldoende kwalitatief goede duurzame schoolgebouwen oplevert om de doelstelling voor Nederland; *“in 2050 zijn alle schoolgebouwen duurzaam”* te halen. Dit is een onderzoek naar het functioneren van het systeem van de sector onderwijshuisvesting die de opgave heeft om alle schoolgebouwen voor 2050 te verduurzamen. Volgens het interdepartementaal beleidsonderzoek (IBO) (2021) worden in het huidige tempo de doelen met betrekking tot klimaat niet gehaald.

## 1.2 Doel van het onderzoek

Sinds de realisatie van duurzame schoolgebouwen is geen onderzoek gedaan naar het systeem om te komen tot en de prestaties van, duurzame schoolgebouwen in 2050. Het doel van het onderzoek is om de onderzoeksvraag te beantwoorden of het bij de duurzame schoolgebouwen, die tot nu toe zijn gerealiseerd, realistisch is te veronderstellen dat het huidige systeem van de sector onderwijshuisvesting met de uitgangspunten en manier van ontwerpen, bouwen en beheren, de doelstelling in 2050 wordt gehaald of dat er andere of aanvullende maatregelen moeten worden genomen.

Het onderzoek moet mogelijke knelpunten binnen het huidige systeem blootleggen en aanbevelingen tot verbetering doen om zo een bijdrage te leveren aan het behalen van de doelstelling.

### 1.3 Onderzoeksvraag

De onderzoeksvraag is:

*Is de huidige systematiek van onderwijshuisvesting; het ontwerpen, bouwen, financieren en beheren van schoolgebouwen een goede basis voor de realisatie van de doelstelling dat alle schoolgebouwen in 2050 betaalbare, energiezuinige gebouwen zijn met een gezond binnenklimaat.*

De onderliggende vragen zijn;

1. Hoe functioneert het ontwikkelproces in de praktijk en levert dit tijdig voldoende schoolgebouwen op?
2. Is het PVE een goed uitgangspunt voor een energiezuinig gebouw met een gezond binnenklimaat? Levert dit de beoogde prestaties op met betrekking tot energieverbruik en CO<sub>2</sub> uitstoot?
3. Hoe wordt onderwijshuisvesting gefinancierd en is dit voldoende voor een betaalbaar schoolgebouw bij de bouw en exploitatie?
4. Is de huidige wijze van eigendom, beheer en gebruik van de schoolgebouwen efficiënt en doelmatig?
5. Welke aanbevelingen kunnen worden gedaan om de doelstelling te kunnen halen?

### 1.4 Relevantie van het onderzoek

De doelstelling van de transitie naar duurzame schoolgebouwen bestaat uit vier delen, laag energieverbruik en CO<sub>2</sub> uitstoot (1), gezond binnenklimaat (2) en een betaalbaar gebouw bij realisatie en exploitatie (3) en dit moet voor 2050 zijn gerealiseerd (4). Het eerste en het vierde deel komt voort uit het klimaatakkoord (2019); minder energieverbruik en CO<sub>2</sub> uitstoot voor 2050. Een lager energieverbruik zou dan tevens een bijdrage leveren aan het derde deel: lagere exploitatiekosten en daarmee een betaalbaar(der) gebouw.

Het eerste onderdeel van de definitie is energieverbruik en CO<sub>2</sub> uitstoot. Uit onderzoeken in de wetenschappelijke literatuur naar het energieverbruik van kantoorgebouwen komt naar voren dat deze gebouwen in de praktijk (gebruik) meer energie verbruiken dan in theorie (ontwerp). Hiermee voldoen de kantoorgebouwen, en mogelijk ook de schoolgebouwen, in de praktijk niet aan de duurzaamheidseis van mindere energieverbruik en CO<sub>2</sub> uitstoot.

Kantoorgebouwen van institutionele beleggers worden, net als de nieuwe duurzame schoolgebouwen, al decennialang uitgevoerd met mechanische ventilatie met topkoeling. Echter, zowel Elkhuisen et al. (2005), De Wilde (2014) als Van Dronkelaar et al. (2016) vinden in hun onderzoeken een groot verschil tussen het ontwerp van het kantoorgebouw met installaties en de uiteindelijke prestaties op het gebied van energiegebruik. Net als in Delft is ook hier dus sprake van slechter presteren van de gebouwen.

“Hoewel het redelijk lijkt om rekening te houden met enige variatie in zowel voorspellingen als metingen, lijkt het bewijs momenteel op een prestatiekloof te wijzen die te groot is om te accepteren” (De Wilde, 2014, p. 40). Hier voegt De Wilde (2014) aan toe dat energie-efficiëntie slechts één van de verschillende prestatieaspecten is van gebouwen. “Het is zeer waarschijnlijk dat er vergelijkbare prestatiekloven bestaan tussen voorspelde en gemeten binnenlucht kwaliteit,

thermisch comfort, akoestiekprestaties, daglichtniveaus en andere" (De Wilde, 2014, p. 40). Indien de veronderstelling van De Wilde klopt dan voldoen de schoolgebouwen mogelijk ook niet aan de eis van een gezond schoolgebouw.

Het tweede onderdeel is het binnenklimaat. Wetenschappelijke onderzoeken hebben aangetoond dat het binnenklimaat van een klaslokaal invloed heeft op de prestaties en het ziekteverzuim van de leerlingen en leraren. Wargocki, et al. (2020), Kochbar et al. (2012), Bogdanovica et al (2020), Riham Jaber et al.(2017) concluderen vanuit hun onderzoeken dat hoge concentraties CO<sub>2</sub>, temperatuur en luchtvochtigheid de prestaties van leerlingen negatief beïnvloeden. "Er werden statistisch significante relaties waargenomen tussen de cognitieve testresultaten en de onderzochte omstandigheden in de lokalen met betrekking tot de temperatuur en de CO<sub>2</sub>-concentratie in de klaslokalen" (Riham Jaber et al., 2017, p. 1).

In de onderzoeken van Mendell et al. (2013), Barlett et al. (2004) en Deng, et al. (2021) komt een sterke correlatie naar voren tussen de gemeten CO<sub>2</sub>-concentratie en de concentratie van bacteriën en het ziekteverzuim. Het is daarom van belang voor de leerprestaties en de gezondheid van de leerlingen en leraren dat de schoolgebouwen die worden gerealiseerd een gezond binnenklimaat hebben met voldoende ventilatie en dat de temperatuur in de zomer niet te ver oploopt. Volgens Palacios, Duran, Kok en Eichholtz (2022) is het voor de verbetering van de leerlingenprestatie met 1% het 23 – 85% goedkoper om het klaslokaal gezond te maken dan de groepen te verkleinen.

In dit onderzoek wordt gekeken of de normen van Frisse scholen klasse B wetenschappelijk kunnen worden onderbouwd en of de gerealiseerde schoolgebouwen deze normen halen of dat er sprake is van een prestatiekloof bij schoolgebouwen zoals De Wilde (2014) veronderstelt.

De haalbaarheid van de doelstelling is sterk afhankelijk van het derde onderdeel, betaalbare schoolgebouwen tijdens de realisatie- en de beheerfase. De gemeenten zijn verantwoordelijk voor de investering in (vervangende) nieuwbouw, uitbreiding en renovatie. Door hoge bouwkosten kan, vanwege de beperkte financiële middelen van de gemeenten, het tempo van het vervangen van de slechte schoolgebouwen vertragen waardoor de doelstelling in 2050 mogelijk niet wordt gehaald.

In de media was het bericht van Bouwend Nederland en de PO-Raad dat de verouderde schoolgebouwen dringend vervangen moeten worden (NOS, 2022). In het bericht werd door de partijen de oproep aan het kabinet gedaan zeventienhonderddertig miljoen euro extra te investeren in het vervangen van oude schoolgebouwen. "De verwachting is dat met de financiële middelen op basis van de vernieuwingsgraad in combinatie met hogere normen minder nieuwe gebouwen kunnen worden gerealiseerd" (VNG, 2020, P. 14).

De schoolbesturen zijn verantwoordelijk voor de exploitatie van de gebouwen, waaronder onderhoud, schoonmaak en energielasten. Een duurzaam schoolgebouw heeft geen cv-ketel voor verwarming en te openen ramen voor ventilatie maar complexe gebouwgebonden installaties met warmtepompen, laag temperatuur verwarming, koeling en mechanische ventilatie.

De consequentie is dat de onderhouds- en vervangingskosten van de installaties van de nieuwe schoolgebouwen significant hoger komen te liggen dan van de huidige gebouwen. Hiervoor wordt vanuit het Rijk geen extra middelen beschikbaar gesteld. De hogere onderhoudskosten zouden gecompenseerd moeten worden met lagere energiekosten. De vraag is of dit wordt bereikt. Anders hebben de schoolbesturen mogelijk te weinig budget om de (te) hoge exploitatiekosten te

betalen en kunnen hierdoor op termijn in de financiële problemen komen wat ten koste kan gaan van het onderwijs.

Het vierde onderdeel is het tempo waarin de duurzame schoolgebouwen worden opgeleverd. In Delft zou het tempo op twee schoolgebouwen per jaar moeten liggen. Landelijk met vijfennegentighonderd schoolgebouwen waarvan 80% moet worden vervangen in zevenentwintig jaar zou meer dan een schoolgebouw per werkdag moeten worden opgeleverd. De vervanging van schoolgebouwen ligt nu op 1,7%. Dit zou, om de doelstelling te kunnen halen, 3,7% moeten zijn (sectorraden en VNG, 2020).

Uit berichtgeving en onderzoek vanuit het veld lijkt naar voren te komen dat het huidige systeem niet voldoet om de opgave te kunnen realiseren. Er is voor zover bekend geen wetenschappelijk onderzoek gedaan naar de systematiek van onderwijshuisvesting in Nederland, hierdoor is het onderzoek van wetenschappelijk belang.

Kwalitatief goede en betaalbare duurzame schoolgebouwen zoals gedefinieerd door de sectorraden en VNG is van belang voor het klimaat(akkoord) en de gezondheid en prestaties van leerlingen en leraren. Ook vanuit de maatschappij is er veel over dit onderwerp te doen. Het is daardoor ook van maatschappelijk belang dat de doelstelling wordt gehaald.

## 1.5 Leeswijzer

Voor de leesbaarheid van het onderzoeksrapport is het als volgt opgebouwd. Het start met de introductie van het onderzoek. Hierin wordt de aanleiding en de relevantie van het onderzoek naar de onderwijshuisvestingssysteem en duurzame schoolgebouwen beschreven. Hoofdstuk twee is het theoretisch kader waarin vanuit de wetenschappelijke literatuur de problematiek van het systeem wordt geanalyseerd. Hoofdstuk drie beschrijft de onderzoeksmethode en de onderzoeksvraag. In hoofdstuk vier worden de resultaten van het veld- en bureauonderzoek weergegeven. Het rapport eindigt met hoofdstuk vijf waarin de conclusies en aanbevelingen staan.

## 2. Theoretisch kader

De doelstelling om te komen tot duurzame schoolgebouwen in 2050 volgens de definitie van de sectorraden en VNG bestaat uit een schoolgebouw met een gezond binnenklimaat, een laag energieverbruik en CO<sub>2</sub> uitstoot en is betaalbaar bij realisatie en exploitatie.

Vanuit het onderzoek van Elkhuizen et al. (2005) wordt duidelijk dat de resultaten in de levenscyclusfasen: ontwerp, realisatie, beheer en gebruik invloed hebben op de prestaties van het gebouw. Van Dronkelaar et al. (2016) onderscheidt in hun onderzoek naar de prestaties van kantoorgebouwen vier hoofdlevenscyclusfasen: definitie, ontwerp, realisatie en gebruik. Ngwepe en Aigbavboa (2015) onderscheiden in het kader van hun onderzoek naar duurzaamheid van gebouwen vijf levenscyclusfasen: grondstoffen, productie bouwmaterialen, realisatie, beheer en gebruik, sloop en hergebruik of recycling van de materialen.

Vanuit de onderzoeksvraag en de deelvragen wordt in dit onderzoek gekeken naar de levenscyclusfasen ontwerp, realisatie, beheer en gebruik omdat deze fasen van invloed zijn op de uiteindelijke prestaties van de duurzame schoolgebouwen. Dit zijn ook de fasen waarop de gemeenten en schoolbesturen, vanuit hun verantwoordelijkheid, invloed kunnen uitoefenen.

relatieschema		Levenscyclusfasen gebouw				
		ontwerp	realisatie	beheer	gebruik	
Definitie Duurzaam schoolgebouw	betaalbaar bouw	√	√			financieren
	betaalbaar exploitatie	√		√	√	
	binnenklimaat	√	√	√	√	presteren
	energieverbruik	√	√	√	√	
	CO <sub>2</sub> uitstoot	√	√	√	√	
		ontwikkelen		exploiteren		

Schema 1: relatie levenscyclusfasen gebouw op prestaties duurzaam schoolgebouw

Vanuit de relatie tussen de aspecten van de definitie van de sectorraden en VNG en de vier levenscyclusfasen kan worden gesteld dat een duurzaam schoolgebouw uit vier componenten bestaat die bepalen of de doelstelling wordt bereikt. De componenten zijn;

1. Ontwikkelen; het proces om te komen tot het duurzame schoolgebouw, ontwerp en realisatie,
2. Presteren; van het duurzame schoolgebouw, binnenklimaat, energieverbruik en CO<sub>2</sub> uitstoot
3. Financieren; de stichtings- en exploitatiekosten van het gebouw
4. Exploiteren; eigendom, beheer en gebruik van het gebouw.

Landelijk wijkt de wijze van ontwikkelen, exploiteren en financieren van duurzame schoolgebouwen niet af van die van traditionele schoolgebouwen hoewel de gebouwen door hogere

kwaliteitseisen zoals (B)ENG en Frisse scholen klasse B, gecompliceerder zijn. Het tempo waarmee in Nederland de duurzame schoolgebouwen worden opgeleverd is te traag en de ontwikkel- en bouwkosten zijn te hoog om de doelstelling te kunnen halen.

Ondanks de gewijzigde opgave is er geen onderzoek naar gedaan of de bovengenoemde componenten op een andere en/of efficiëntere manier kunnen worden vorm gegeven. In het theoretisch kader wordt onderzocht wat de wetenschappelijke visie op deze vier componenten is en of er vanuit de theorie andere manieren zijn om de systematiek van onderwijshuisvesting vorm te geven door de vier componenten anders te organiseren of in te richten waardoor het halen van de doelstelling realistischer wordt.

## 2.1 Ontwikkelen

Volgens de theorie van het huidige proces van het ontwerpen en bouwen van een schoolgebouw is dit voorspelbaar en lineair met duidelijk gedefinieerde doelstellingen en kaders. Vanuit deze theorie is de traditionele projectmanagementmethode geschikt voor dit type projecten.

Projectmanagement-methodiek wordt door het Project Management Institute gedefinieerd als een reeks methoden, technieken, procedures, regels, sjablonen en best practices die in een project worden gebruikt (Project Management Institute, 2008). Volgens Špundak (2014) verschillen andere definities van projectmanagement niet significant.

“Het uiteindelijke doel van de traditionele projectmanagementbenadering is optimalisatie en efficiëntie bij het volgen van het initiële gedetailleerde projectplan, of op de gebruikelijke manier, om het project binnen geplande tijd, budget en reikwijdte af te ronden” (Špundak, 2014, P. 941).

De nieuwbouw en renovatieprojecten van duurzame schoolgebouwen in Delft zijn opgezet volgens deze theorie en projectmanagementmethodiek. Alleen wordt met deze opzet de doelstellingen niet bereikt. De projecten kennen een te lange doorlooptijd (zes tot acht jaar), een overschrijding van het initiële budget met 40% en er is onzekerheid over de uiteindelijke kwaliteit.

Vanuit de systeemtheorie zijn er simpele, gecompliceerde en complexe problemen. (Glouberman en Zimmerman, 2002). Glouberman en Zimmerman (2002) verduidelijken dit met voorbeelden voor de drie typen systemen respectievelijk, het bakken van een taart, het bouwen van een raket en het opvoeden van een kind. Volgens de theorie van Glouberman en Zimmerman (2002) is het ontwerp- en bouwproces van een schoolgebouw vergelijkbaar met een raket, een gecompliceerd systeem.

Bij een gecompliceerd systeem zijn er veel elementen die met elkaar zijn verbonden en op elkaar van invloed zijn. Denk hierbij aan de locatie en de schil van het gebouw en de klimaatinstallaties. Het systeem is in theorie te doorgronden. Hierdoor verhoogt het sturen van een raket de zekerheid dat de volgende goed of op z'n minst beter zal zijn. Voorwaarde hiervoor is wel dat de tweede en derde raket, met verbeteringen, hetzelfde is als de eerste raket en de lancering plaatsvindt onder dezelfde omstandigheden. Bij een gecompliceerd systeem is sprake van een verbeterprobleem. Door het ontwerp op een of meerdere punten te verbeteren wordt de tweede en derde raket beter.

Het proces van het bouwen en beheren van een schoolgebouw in Nederland is ingericht als een eenmalig proces, waarbij de omstandigheden wijzigen door een andere locatie, een andere

financier, opdrachtgever en gebruiker. Ieder schoolgebouw wordt opnieuw ontworpen en is daardoor uniek, een prototype.

Het ontwikkelen van prototypes in gewijzigde omstandigheden heeft een aantal consequenties. Door het eenmalige karakter is er minder grip op de uiteindelijke kwaliteit en daardoor prestaties van het gebouw omdat de ervaringen van eerder gerealiseerde gebouwen niet wordt meegenomen, de tweede en de derde zijn niet hetzelfde als de eerste. De ontwikkeltijd is lang en kostbaar door gebrek aan ervaring in het team op het gebied van de bouw van scholen en door de nieuwe omstandigheden. Voor ieder project wordt met het schoolbestuur een nieuw team samengesteld waardoor er geen onderlinge ervaring is binnen het team. Nederland kent veel kleine schoolbesturen waardoor de kans groot is dat een bestuurder één keer in zijn functie als bestuurder een school bouwt.

Het opnieuw samenstellen van teams creëert geen leercurve en er is geen ruimte voor innovatie. Het voordeel van het systeem van de bouw van raketten volgens Glouberman en Zimmerman (2002) dat de volgende beter is, wordt niet bereikt. Ook de doelstelling van projectmanagement, optimalisatie en efficiëntie, wordt hier niet bereikt.

Dit beantwoord deelvraag één, hoe functioneert het ontwikkelproces in de praktijk en levert dit tijdig voldoende schoolgebouwen op. De traditionele projectmanagement methode die voor het bouwen van scholen wordt gebruikt komt niet overeen met het systeem waarin ze opereren. Hierdoor functioneert het niet. De ontwikkeltijd is langer en de bouwkosten zijn hoger, waardoor er niet tijdig voldoende schoolgebouwen worden opgeleverd.

Een logische verklaring waarom de doelstelling niet wordt behaald is door de vele actoren; Rijksoverheid, gemeenten en schoolbesturen en veranderende factoren, wet- en regelgeving, locatie en verwachtingen en opgaven vanuit de maatschappij. De vele actoren en vele veranderende factoren maakt onderwijshuisvesting tot een complex systeem. Een systeem is complex als het een oneindig aantal elementen (actoren en factoren) heeft waarvan de relaties tussen die elementen niet stabiel is en daardoor het resultaat onzeker is. (Glouberman en Zimmerman, 2002). Gevolg is dat iets wat de vorige keer goed werkte dat nu absoluut niet hoeft te doen zoals bij het bouwen van een raket of een schoolgebouw.

Door de vele actoren en onzekere factoren kunnen niet twee of drie maatregelen worden genomen om het systeem en daarmee het ontwikkelen en presteren van de schoolgebouwen te verbeteren. Het is dus niet een verbeterprobleem maar van een veranderprobleem en die zijn volgens Rotmans en Loorbach (2009) complex. Herstructureren van maatschappelijke systemen, in deze casus onderwijshuisvesting is volgens Rotmans et al. (2001) een transitie".

Transitie van een maatschappelijk systeem (onderwijshuisvesting) is complex omdat de wijze waarop het is georganiseerd verankerd is in onze bestuurlijke structuren; onzeker vanwege de nauwelijks reduceerbare onzekere factoren; moeilijk te managen, met een verscheidenheid aan actoren met uiteenlopende belangen; en moeilijk te vatten in de zin dat ze moeilijk te interpreteren en slecht gestructureerd zijn (Dirven et al. 2002).

Om de doelstelling van de sectorraden en de VNG te kunnen realiseren is vanuit de theorie een andere benadering van het onderwijshuisvestingssysteem voor het realiseren van de opgave noodzakelijk. Volgens Dirven et al. (2002) is "de huidige wijze van denken en handelen niet toereikend meer om tijdig en adequaat in te spelen op de geschetste omgevingsdynamiek" (P. 7)



De opgave zou vanuit de transitietheorie kunnen worden benaderd. "Transitie is een fundamentele verandering in de structuur, cultuur en werkwijze van een maatschappelijk systeem" (Rotman en Horsten, 2012, P. 235).

Volgens Rotman (2022) moet voor de transitie naar een duurzame samenleving in de bouwsector een structurele verschuiving plaatsvinden van product naar dienst en van economisch naar maatschappelijk renderend. Onderzocht moet worden op welke wijze het ontwikkelproces voor duurzame schoolgebouwen moet worden ingericht om de doelstelling; "*in 2050 zijn alle schoolgebouwen duurzaam*", te kunnen halen.

## 2.2 Presteren

Vanuit de definitie van een duurzaam schoolgebouw wordt onder de kwaliteit van het schoolgebouw verstaan: het binnenklimaat van een gezond schoolgebouw en een lager energieverbruik en CO<sub>2</sub> uitstoot.

### 2.2.1 Energieverbruik

Onderdeel van een duurzaam schoolgebouw is een laag energieverbruik en CO<sub>2</sub> uitstoot zowel gebouwgebonden als door de gebruikers. Voor de lage CO<sub>2</sub> uitstoot is de kwaliteitseis een aardgasvrij en energieneutraal gebouw (ENG). De definitie die wordt gehanteerd voor een energieneutraal gebouw is; een gebouw waarbij het gebouwgebonden energiegebruik in of op het gebouw zelf wordt opgewekt, waardoor dit netto nul is. Dit gebouw heeft een energieprestatiecoëfficiënt (EPC) van 0 (RVO, 2013). Op dit moment is niet bekend wat het energieverbruik van duurzame schoolgebouwen is en of deze gebouwen de norm halen.

Kantoorgebouwen van institutionele beleggers worden, net als de nieuwe duurzame schoolgebouwen, al decennialang uitgevoerd met mechanische ventilatie met topkoeling. Echter, zowel Elkhuzen et al. (2005), De Wilde (2014) als Van Dronkelaar et al. (2016) vinden in hun onderzoeken een groot verschil tussen het ontwerp van het kantoorgebouw met installaties en de uiteindelijke prestaties op het gebied van energiegebruik. Ook hier is sprake van een prestatiekloof. Elkhuzen et al. (2005) stellen dat de prestatiekloof in de vier fasen; ontwerp, realisatie, beheer en gebruik wordt veroorzaakt.

"Hoewel het redelijk lijkt om rekening te houden met enige variatie in zowel voorspellingen als metingen, lijkt het bewijs momenteel op een prestatiekloof te wijzen die te groot is om te accepteren" (De Wilde, 2014, p. 40).

De in de literatuur beschreven problematiek bij kantoorgebouwen kan dus overeen komen met het energieverbruik van duurzame schoolgebouwen. Vanuit de literatuur kan geen antwoord worden gegeven op het tweede deel van deelvraag twee; is het PvE Frisse scholen klasse B een goed uitgangspunt voor een energiezuinig gebouw? Veldonderzoek zal moeten uitwijzen wat het werkelijke energieverbruik van deze schoolgebouwen is en of ze deze norm halen.

## 2.2.2 Een gezond schoolgebouw

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) heeft het 'Programma van Eisen – Frisse Scholen' laten ontwikkelen op basis van de eisen in het Bouwbesluit op 1 januari 2021 (RVO, 2021). Het uitgangspunt van de RVO voor het opstellen van het PvE is dat deze normen moeten zorgen voor een gezond schoolgebouw met een goed binnenklimaat omdat een slecht binnenklimaat een negatief effect zou hebben op de gezondheid, leerprestaties en functioneren van leerlingen en onderwijzend personeel (RVO, 2021).

Het PvE is opgedeeld in drie klassen, A tot en met C, waarbij C is gebaseerd op vigerende wet- en regelgeving, aangevuld met eisen voor een gezond en comfortabel binnenklimaat. Normen A en B hebben aanvullende eisen op C waarbij B goed is en A uitmuntend. Gemeenten en schoolbesturen hanteren klasse B als uitgangspunt voor renovatie en nieuwbouw van gezonde frisse scholen. In de onderstaande tabel staan de normen waaraan het binnenklimaat van een fris schoolgebouw moet voldoen.

Het PvE - Frisse Scholen in vijf thema's:	klasse A	klasse B	klasse C
Energie	energielabel A+	energielabel B	energielabel C
Lucht CO <sub>2</sub> in ppm	800	950	1.200
ventilatie per persoon	12 dm <sup>3</sup> /s	8,5 dm <sup>3</sup> /s	6 dm <sup>3</sup> /s
Temperatuur winter	20 - 23°C	19 - 24°C	18 - 25°C
Temperatuur zomer	≤ 25,5°C	≤ 26°C	≤ 27°C
Licht	500 lux	500 lux	300 lux
Geluid installaties	30dB	33dB	35dB
minimaal 95% van de gebruikstijd halen			

Tabel 1: normen Frisse scholen klasse A t/m C (RVO, 2021)

Uit de wetenschappelijke literatuur blijkt dat een slecht binnenklimaat in klaslokalen schadelijk is voor de gezondheid en de leerprestaties negatief beïnvloedt. Het binnenklimaat in een klaslokaal bestaat uit de temperatuur, het CO<sub>2</sub> gehalte in parts per million (ppm), luchtvochtigheid en schoonmaak.

Mendell en Heath (2005), Bakó-Biró et al. (2007), Zhang et al. (2018), Fisk (2017) en Brink et al (2021) zien in de wetenschappelijke literatuur en uit onderzoek bewijs voor verminderde concentratie en leerprestaties door hoge concentraties CO<sub>2</sub> en temperatuur. Mendell en Heath (2005) vinden overtuigend bewijs dat een vervuild binnenklimaat door te weinig schoonmaak, hoge concentraties van NO<sub>2</sub>, luchtvochtigheid en bacteriën, het ziekteverzuim verhoogt en daarmee de leerprestaties van leerlingen verlaagt.

Aangezien de mens 40.000 – 50.000ppm CO<sub>2</sub> uitademt is de hoeveelheid CO<sub>2</sub> een goede graadmeter voor de luchtkwaliteit in een ruimte. De hoeveelheid CO<sub>2</sub> in de buitenlucht is gemiddeld 400ppm (Zhang, Wargocki en Lian, 2017). Dus hogere hoeveelheden CO<sub>2</sub> in een klaslokaal wordt veroorzaakt door leerlingen en te weinig ventilatie. Dit leidt tot een verhoogde concentratie van luchtverontreinigende stoffen in de klaslokalen en verhoogt de kans op overdracht van via de lucht overgedragen ziekten zoals verkoudheid en influenza (Haverinen-Shaughnessy et al., 2015 en Fisk, 2017).

“Op basis van de voorlopige resultaten van lineaire regressiemodellen, zou lage klaslokaaltemperatuur samen met een hoge ventilatiesnelheid, kunnen worden geassocieerd met

hogere percentages studenten die voldoende scores in wiskunde en leestoetsen" (Haverinen-Shaughnessy et al., 2015, P. 40).

Palacois et al. (2022) hebben in Nederland een groot veldonderzoek uitgevoerd naar de relatie tussen prestaties van leerlingen en slechte luchtkwaliteit in klaslokalen. De belangrijkste conclusie van hun onderzoek is dat leerlingen die tijdens de leerperiode aan hoge concentraties CO<sub>2</sub> werden blootgesteld, slechter presteren.

De norm voor gezonde lucht in een klaslokaal is volgens het PvE klasse B minder dan 950ppm CO<sub>2</sub>. In de Verenigde Staten is de norm voor CO<sub>2</sub> maximaal 1.000ppm. Dit is vergelijkbaar met respectievelijk een ventilatiecapaciteit van 8,5 en 8,0dm<sup>3</sup>/s per persoon. De vraag is of deze normen wetenschappelijk kunnen worden onderbouwd.

Zhang et al. (2017) concludeert dat 3.000ppm kan leiden tot het verhogen van opwinding en/of stress wat tot fysiologische effecten leidt waarvan wordt verwacht dat dit de cognitieve prestaties vermindert. Bakó-Biró et al. (2007) stellen dat mogelijke veranderingen in ademhaling en hartslag, evenals verlies van concentratie en welzijn als gevolg van CO<sub>2</sub>-blootstelling in het bereik tussen 3000-5000ppm kan worden verwacht.

De uitkomst van de door Rudnick en Milton (2003) uitgevoerde berekeningen met het verbeterde wiskundige model van Wells-Riley is dat de grens van een CO<sub>2</sub> concentratie die 400ppm boven de achtergrondconcentratie ligt de verspreiding van ziekten via de lucht met een besmettelijkheid van  $R_{A0} < 1$ , zoals een verkoudheid voorkomt. De CO<sub>2</sub> concentratie in een gezond klaslokaal mag dus volgens deze berekening niet boven de 800ppm komen. Dit komt overeen met de literatuurstudie van Seppänen, Fisk en Mendell (1999). De conclusie van dit onderzoek is dat het risico's op 'sick building syndroom' aanzienlijk afneemt onder de 800ppm (Seppänen et al. 1999). "Gebouwen met een ventilatieniveau van minder dan 10dm<sup>3</sup>/s per persoon hebben een statistisch significante verslechtering van een of meer gezondheidsaspecten of de waargenomen luchtkwaliteit" (Seppänen et al., 1999, P. 226)

Bartlett et al. (2004) ziet bij een onderzoek in negenendertig basisscholen een sterke correlatie tussen aantal personen, de activiteiten, de hoeveelheid bacteriën en CO<sub>2</sub> in en de ventilatie van de ruimte. "De CO<sub>2</sub>-niveaus en bacterieconcentraties waren sterk gecorreleerd en in gevallen waarin CO<sub>2</sub>-niveaus hoger waren dan 1.000ppm in mechanisch geventileerde ruimtes, was het aantal bacteriën eveneens verhoogd, wat wijst op onvoldoende toevoer van buitenlucht" (Bartlett et al. 2004, P. 646).

Uit het laboratoriumonderzoek van Satish et al. (2012) blijkt dat er matige statistisch significante afnames waren in besluitvormingsprestaties tussen 600 en 1.000ppm CO<sub>2</sub>. Bij 2.500ppm vinden grote en statistisch significante afnames plaats van besluitvormingsprestaties (Satish et al., 2012). Het resultaat van het onderzoek van Bakó-Biró et al. (2012) bij zestien klaslokalen in acht basisscholen in Groot Brittannië is dat prestaties van leerlingen verminderen bij een CO<sub>2</sub> niveau van meer dan 1.500ppm.

Bij mechanische ventilatie van 8dm<sup>3</sup>/s per persoon is het CO<sub>2</sub> niveau bij twaalf van de zestien lokalen gelijk of lager dan 1.000ppm. Bij twee klaslokalen ligt het niveau tussen de 1.000 en 1.500ppm Bakó-Biró et al (2012). Bij de niet geventileerde lokalen komt het CO<sub>2</sub> niveau bij negen van de zestien lokalen boven de 2.500ppm (Bakó-Biró et al., 2012). "Ventilatiesnelheden in de orde van grootte van 8dm<sup>3</sup>/s per persoon worden in alle onderwijsfaciliteiten aanbevolen om te

voorkomen dat de prestaties van leerlingen door onvoldoende ventilatie worden aangetast" (Bakó-Biró et al., 2012, P. 222).

De norm van klasse B, 950ppm, met een ventilatie van  $8,5\text{dm}^3/\text{s}$  per persoon voorkomt een te hoge concentratie bacteriën en geeft een binnenklimaat wat geen negatieve invloed heeft op de leerprestaties. Vanuit de literatuurstudie kan worden geconcludeerd dat voor het voorkomen van het verspreiden van ziekten met  $R_{A0} < 1$  zoals een verkoudheid minimaal de norm  $10\text{dm}^3/\text{s}$  per persoon en 800ppm  $\text{CO}_2$  moet worden gehaald. Ziekten als influenza en SARS-CoV-2 hebben een hogere  $R_{A0}$  waarde, waardoor extra ventileren met meer dan  $10\text{dm}^3/\text{s}$  per persoon besmettingen niet voorkomt.

De norm van klasse C met maximaal 1200ppm is onvoldoende om te voldoen aan de eisen van een gezond binnenklimaat. De extra ventilatie van klasse A ten opzichte van klasse B heeft in dat opzicht geen toegevoegde waarde. Dus hiermee is 950ppm een acceptabel niveau voor een gezond klaslokaal. Aangezien het aantal leerlingen in een klas niet in ieder lokaal gelijk is, is het aanhouden van mechanische ventilatie van  $8,5\text{dm}^3/\text{s}$  per persoon een goed uitgangspunt.

Het PvE gaat bij klasse C uit van een maximale temperatuur in de zomer in het klaslokaal van  $\leq 27^\circ\text{C}$ , klasse B van  $\leq 26^\circ\text{C}$  en klasse A  $\leq 25,5^\circ\text{C}$ . Vergelijkbaar met de norm voor het  $\text{CO}_2$  gehalte in het klaslokaal is voor de temperatuur in de wetenschappelijke literatuur gezocht naar de onderbouwing van deze norm.

Wargockia, Porras-Salazara, en Contreras-Espinoza (2019) hebben achttien studies naar temperatuur in klaslokalen en de prestaties van leerlingen geanalyseerd. De conclusie uit hun literatuuronderzoek is dat er een sterke relatie is tussen de temperatuur in het klaslokaal en de prestaties van leerlingen. Door hogere buitentemperaturen neemt het aantal leerlingen dat zakt voor een examen toe. Door het verlagen van de temperatuur van  $30^\circ\text{C}$  naar  $20^\circ\text{C}$  nemen de prestaties met 20% toe (Wargocki et al., 2019).

De conclusies van de onderzoeken van Seppänen et al. (2006) en Lan, et al. (2011) zijn dat de temperatuur voor de optimale prestaties rond de  $22^\circ\text{C}$  ligt. Onder  $21\text{-}22^\circ\text{C}$  en boven  $23\text{-}24^\circ\text{C}$  nemen de prestaties af. Bij  $30^\circ\text{C}$  is de afname 8,9% (Seppänen, Fisk en Lei, 2006). Volgens Lan (2011), Wargocki et al. (2019) en Lian (2011) neemt bij  $26^\circ\text{C}$  de prestaties met 2% en bij  $30^\circ\text{C}$  met 7% af.

"Koude, hete en warme sensaties kunnen de mentale prestaties voor geheugen- en aandachtstaken negatief beïnvloeden terwijl een milde verkoelende sensatie de mentale alertheid kan verbeteren" (Jaber, Dejan en Marcella, 2017, P. 456).

Uit de wetenschappelijk literatuur komt naar voren dat er een sterke correlatie is tussen temperatuur en prestaties van leerlingen. Boven  $26^\circ\text{C}$  nemen de prestaties sterk af waardoor  $26^\circ\text{C}$  een redelijke norm is. Mede ook omdat grote temperatuurverschillen, meer dan  $5^\circ\text{C}$ , tussen de binnen- en buitenlucht niet als comfortabel wordt ervaren. De norm van klasse C is in de zomer  $\leq 27^\circ\text{C}$ , klasse B is  $\leq 26^\circ\text{C}$  en klasse A  $25,5^\circ\text{C}$ . Klasse C voldoet niet aan de norm. Het verschil tussen B en A is een halve graad. Het onderzoek van Park et al. (2020) wijst uit dat  $1^\circ\text{F}$  (ongeveer  $0,5^\circ\text{C}$ ) de leerprestaties met 1% verlaagt. Dit is te weinig om een significant verschil te maken.

Vanuit de wetenschappelijke literatuur wordt het eerste deel van deelvraag twee beantwoord, is het PvE Frisse scholen klasse B zijn een goed uitgangspunt voor een gebouw met een gezond binnenklimaat? De normen van klasse B; 950ppm CO<sub>2</sub> en  $\leq 26^{\circ}\text{C}$  zijn een goed uitgangspunt voor een gezond binnenklimaat. Uit het veldonderzoek moet blijken of de duurzame schoolgebouwen de kwaliteitseisen met betrekking tot het binnenklimaat halen.

## 2.3 Financiering

De gemeente bepaalt het investeringsbudget en financiert de stichtingskosten. Het schoolbestuur treedt op als bouwheer, opdrachtgever voor de bouw. Na de oplevering wordt het juridisch eigendom van het gebouw overgedragen aan het schoolbestuur en is zij als eigenaar verantwoordelijk voor het beheer en de exploitatie van het gebouw. Zowel de gemeente als het schoolbestuur ontvangen hiervoor middelen van het Rijk.

Gesteld kan worden dat de schoolgebouwen betaalbaar zijn indien het Rijk voldoende middelen beschikbaar stelt om de nieuwbouw te financieren en het gebouw te exploiteren. De vraag die dit oproept is; wat is voldoende? Vanuit de literatuur wordt niet duidelijk waarop de hoogte van de bijdragen van het Rijk zijn gebaseerd.

Gemeenten, waaronder Delft, schrijven de financiële waarde van een schoolgebouw in veertig jaar lineair af naar nul. Over de waarde van de grond wordt alleen de rente gerekend, de waarde blijft ongewijzigd. Het Rijk vergoedt de gemeente op basis van een lineaire afschrijving naar nul in zestig jaar. Hierbij wordt niet aangegeven wat volgens het Rijk de kwaliteit en de reële investeringskosten voor een duurzaam schoolgebouw zijn.

Bij de afschrijvingsmethoden van de gemeenten en het Rijk wordt geen onderscheid gemaakt tussen schil, constructie en installaties. Brand (1994) komt op basis van het *A Hierarchical Concept of Ecosystems* van O'Neill et al. (1986) tot het concept dat een gebouw zes componenten heeft die een verschillende levensduur en verandertempo hebben. De zes componenten; locatie, structuur, gevel, installaties, indeling en interieur hebben een andere levensduur en daardoor een andere afschrijvingstermijn. Het ontwerpen van een gebouw op basis van deze componenten zou de levensduur van de eerste drie componenten (locatie, structuur en gevel) en daarmee het gebouw kunnen verlengen.

De vraag is of het economisch realistisch is om een schoolgebouw in veertig of zestig jaar naar nul af te schrijven. Smith (2004) stelt dat nauwkeurige schattingen van de afschrijvingen van (residentieel) vastgoed om verschillende redenen belangrijk zijn voor investeerders, eigenaren en beleidsmakers op het gebied van huisvesting. Gemeenten voeren deze schattingen met betrekking tot onderwijshuisvesting niet uit.

Uit het onderzoek van Bokhari en Geltner (2018) naar afschrijvingen in commercieel en residentieel vastgoed in de Verenigde Staten komt naar voren dat de afschrijvingen worden veroorzaakt door een daling van het reële inkomen van het onroerend goed. De gemiddelde afschrijvingen komen op 1,5% per jaar waarbij renovatie het vastgoed weer in waarde laat toenemen. Zo kan een gebouw van vijftig jaar oud nog een financiële waarde vertegenwoordigen met een gemiddelde afschrijving van 1,8% (Bokhari en Geltner, 2018).

Yiu (2007) concludeert vanuit zijn onderzoek dat het afwaarderingspercentage niet vaststaat en dat een ander percentage een bijdrage kan leveren aan de duurzaamheidsdoelstellingen. Voorwaarde hierbij is dat niet alleen naar de percentages maar ook naar de wijze waarop wordt gebouwd wordt gekeken. Een toekomstbestendig gebouw heeft een langere levensduur en kan daardoor een lager afschrijvingspercentage hebben.

Er kan dus op verschillende manieren naar afschrijvingstermijnen en restwaarde van schoolgebouwen worden gekeken. Voor zover bekend is er geen wetenschappelijk onderzoek gedaan naar de wijze waarop onderwijshuisvesting of maatschappelijk vastgoed kan worden gefinancierd en afgewaardeerd met daaraan gekoppeld de restwaarde, kosten en de rendementen. Het enige onderzoek wat er naar financiering en exploitatie van schoolgebouwen is, zijn de internationale onderzoeken die de financiële kant van publiek private samenwerking (PPS) projecten vergelijken met traditionele projecten voor schoolgebouwen.

Vanuit de literatuur kan geen antwoord worden gegeven op deelvraag drie; is de huidige manier van financiering van onderwijshuisvesting voldoende voor een betaalbaar schoolgebouw bij de bouw en exploitatie. Volgens Veuger (2009) is het financieel rendement bij het verwezenlijken van hun maatschappelijke doelen niet maatgevend maar het is wel van belang. Vanuit dit belang is het noodzakelijk dat er onderzoek wordt gedaan naar financieringsvormen en afschrijvingsmethoden van schoolgebouwen. Dit onderzoek kan de economische en maatschappelijke kosten en rendementen in kaart brengen en mogelijk inzicht geven in de betaalbaarheid van de schoolgebouwen en deze verbeteren.

## 2.4 Exploiteren

Het juridisch eigendom van de schoolgebouwen ligt conform de wet op primair en voortgezet onderwijs bij het bevoegd gezag, de schoolbesturen. De gemeenten hebben het economisch claimrecht. Volgens de wet zijn andere eigendomsvormen mogelijk. De gemeente houdt daarbij wel de zorgplicht voor voldoende adequate onderwijshuisvesting. Volgens het onderzoek van Elkhuizen et al. (2005) ontstaat de prestatiekloof in het energieverbruik in de ontwerp-, realisatie- en beheerfase.

Er is binnen Nederland geen wetenschappelijk onderzoek gedaan naar de mogelijk andere eigendoms- en beheervormen en hun kenmerken voor onderwijshuisvesting zoals Energie Service Compagnie (Esco), Design Build and Maintain (DBM), Design Build Finance and Maintain (DBFM) en Design Build Finance and Operate (DBFMO). Dit type contracten valt onder de noemer Publiek Private Samenwerking (PPS). Bij deze projecten is de marktpartij, opdrachtnemer gedurende de contractduur, afhankelijk van het contract, verantwoordelijk voor het ontwerp, bouw, financiering, onderhoud en dienstverlening van het gebouw.

In 2022 is door Teisman, Nootboom, Stouten en Duijn in opdracht van het Rijksvastgoedbedrijf en Koninklijk Bouwend Nederland een evaluatie van veertien DBFMO-contracten bij huisvestingsprojecten van het Rijksvastgoedbedrijf opgesteld. Uit het onderzoek komt naar voren dat DBFMO projecten een gunstige invloed hebben op het op tijd opleveren, de kwaliteit van zowel het gebouw, als het bouwproces en procesinnovaties. DBFMO zet een rem op het toepassen van productinnovaties omdat opdrachtnemers dit te risicovol vinden (Teisman et al. 2022).

De verbeteringen worden verklaard vanuit de levenscyclusbenadering door de opdrachtnemer en doordat de opdrachtnemer langere tijd verantwoordelijk is voor het functioneren van het gebouw. "Respondenten denken dat de opdrachtgever met het DBFMO contract vaak een goede verhouding tussen prijs-kwaliteit realiseert en de klantorganisatie wordt ontzorgd" (Teisman et al., 2022, P. 5). Teisman et al. (2022) stelt wel vragen bij de "F" en "O". Het Rijk kan goedkoop financieren waardoor externe financiering niet altijd logisch is. Met betrekking tot de dienstverlening (O) is het bij sommige typen projecten beter dit bij de klantorganisatie te laten (Teisman et al., 2022)

Uit het onderzoek van Koppenjan et al. (2020) naar de ervaringen in 15 jaar DBFM-projecten bij Rijkswaterstaat (RWS) komt een vergelijkbaar beeld naar voren als bij het onderzoek van Teisman et al. (2022). "Over het geheel genomen komt uit de interviews het beeld naar voren dat betrokkenen het mechanisme dat DBFM-contracten kenmerkt, waardevol vinden. Met name op de aspecten tijd, beschikbaarheid, kwaliteit en levenscyclus zijn de prestaties beter dan die van andere contracten" (Koppenjan et al. 2020. P. 6).

De DBFM(O) contracten van het Rijksvastgoedbedrijf en Rijkswaterstaat zijn geen schoolgebouwen, maar kantoren, kazernes en infrastructurele projecten. In Vlaanderen, Ierland en het Verenigd Koninkrijk zijn in de afgelopen jaren ervaringen opgedaan met PPS contracten voor schoolgebouwen. Van Gestel et al. (2018) en O'Shea et al. (2020) hebben onderzoek gedaan naar de resultaten van de PPS van schoolgebouwen in respectievelijk Vlaanderen en Ierland. Khadaroo (2014) heeft in het Verenigd Koninkrijk prijs/kwaliteit verhouding (*Value for money, VfM*) en het risico-overdracht bij PPS projecten van schoolgebouwen onderzocht.

De belangrijkste argumenten voor PPS contracten zijn verwachte gunstige prijs/kwaliteit verhouding (VfM) (Van Gestel et al. 2014, Khadaroo, 2014, O'Shea et al. 2020), het verplaatsen van het risico van de opdrachtgever (het schoolbestuur), naar opdrachtnemer (een marktpartij), (Van Gestel et al., 2014, KHadaroo, 2014, O'Shea et al., 2020) innovatie en het ontzorgen van de opdrachtgever (Van Gestel et al., 2014 en O'Shea et al., 2020).

Het onderzoek van Van Gestel et al. (2014), betreft de pilots in Vlaanderen. Uit dit onderzoek komt naar voren dat de schoolbesturen door de contractvorm niet werden ontzorgd (Van Gestel et al., 2014). Dit komt waarschijnlijk doordat het in Vlaanderen pilots zijn die veel aandacht vragen van de opdrachtgever. De gerealiseerde gebouwen zijn duurzamer en hebben een betere kwaliteit. Volgens Van Gestel et al. (2014) is DMBF waarschijnlijk duurder dan traditionele scholenbouw.

Khadaroo (2014) concludeert dat er te weinig onderbouwing is voor de conclusies dat PPS meer VfM levert en de risico's overdraagt naar de marktpartij. Traditionele projecten zijn volgens Khadaroo (2014) slecht te vergelijken met PPS projecten omdat de gehanteerde uitgangspunten en cijfers niet te objectiveren zijn.

O'Shea et al. (2020) heeft in zijn onderzoek PPS schoolgebouwen vergeleken met traditionele schoolgebouwen. In zijn onderzoek vindt O'Shea et al. (2020) weinig tot geen bewijs dat PPS projecten sneller worden opgeleverd, meer innovatie opleveren en het risico verplaatsen naar de opdrachtnemer. De PPS projecten hebben volgen O'Shea et al. (2020) een beperkt VfM. Hierbij wordt wel de kanttekening gemaakt dat PPS projecten lastig te vergelijken zijn met traditionele projecten omdat de gebouwen niet identiek zijn .

Hoewel er volgens O'Shea et al. (2020) weinig onderzoeken zijn gedaan die PPS projecten vergeleken met traditionele projecten kan uit de onderzoeken en de wetenschappelijke literatuur worden geconcludeerd dat PPS voor het eigendom, beheer en gebruik van schoolgebouwen mogelijkheden, maar niet 'de' oplossing biedt. Verder onderzoek naar mogelijkheden voor schoolgebouwen en het eventueel opzetten van pilots kan hier meer inzicht in geven.

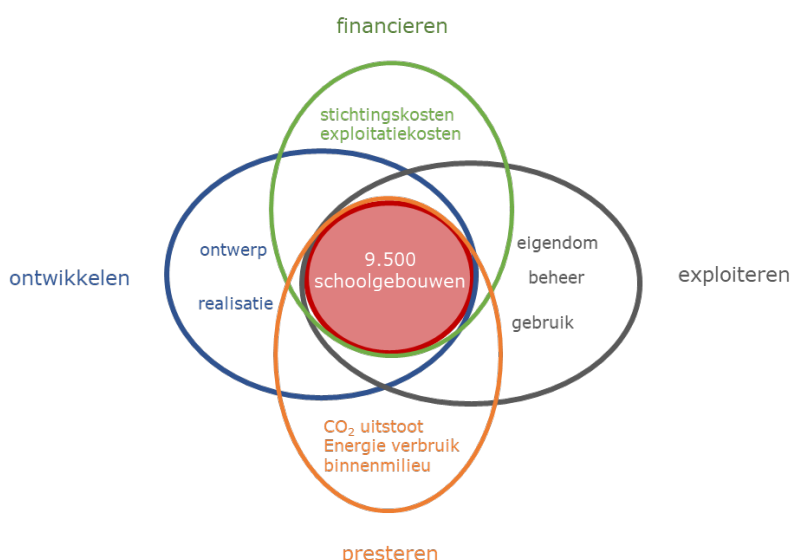
In antwoord op deelvraag vier, is de huidige wijze van eigendom, beheer en gebruik van de schoolgebouwen efficiënt en doelmatig, laat literatuur zien dat andere constructies wellicht efficiënter en doelmatiger zijn, waaronder PPS constructies.

PPS constructies kunnen dus een mogelijke oplossing zijn voor het realiseren en beheren van schoolgebouwen. Het opzetten van pilots zou hierin meer inzicht kunnen geven. Hierbij moet kritisch worden gekeken naar de uitgangspunten voor en de resultaten van de projecten. Zoals Teisman et al. (2022) aangeeft is het de vraag of financiering en dienstverlening onderdeel moet zijn van het contract. Het opnemen van bijvoorbeeld dienstverlening in het contract kan de flexibiliteit van het gebruik van het schoolgebouw voor het schoolbestuur in de loop van het contract significant beperken (O'Shea et al., 2020).

Veldonderzoek zal moeten uitwijzen hoe de betrokken partijen, gemeenten en schoolbesturen aankijken tegen deze concepten. Of en welke PPS constructie geschikt voor onderwijshuisvesting en de te verwachten opbrengsten opleveren.

## 2.5 Conclusie theoretisch kader en vervolg onderzoek

Het schoolgebouw is vanuit de relatie tussen de vier levenscyclusfasen en de aspecten van de definitie van een duurzaam schoolgebouw onderverdeeld in vier componenten; ontwikkelen, presteren, financieren en exploiteren.



Figuur 1: Schematisch model componenten schoolgebouwen

Vanuit het theoretisch kader wordt duidelijk dat de componenten elkaar overlappen en beïnvloeden. Het ontwikkelproces bepaalt de doorlooptijd, de stichtingskosten en de prestaties van het gebouw. De eisen van de prestaties van het gebouw hebben invloed op de stichtings- en exploitatiekosten en het binnenklimaat (gebruik). De ontwikkeling en exploitatie hebben invloed op



de prestaties van het gebouw, binnenklimaat en energieverbruik. Een andere vorm van eigendom en beheer (DBFM) kan een positieve invloed hebben op prestaties en financiën.

Er is sprake van een complex systeem (onderwijshuisvesting) met een oneindig aantal combinaties van actoren en factoren waarvan de relaties tussen die elementen niet stabiel is met als gevolg dat iets wat de vorige keer goed werkte dat nu absoluut niet hoeft te doen (Glouberman en Zimmerman, 2002). Complexe problemen houden verband met systeemfalen en worden veroorzaakt door gebreken in maatschappelijke structuren. Zij kunnen niet door de markt of beleid worden opgelost (Rotmans en Loorbach, 2009). De conclusie op basis van het antwoord op deelvraag één is dat het huidige onderwijshuisvestingssysteem niet goed functioneert waardoor de doelstelling niet wordt gehaald. De overige deelvragen moeten vanuit het veld- en bureauonderzoek worden beantwoord.

Om de doelstelling te kunnen realiseren is vanuit de theorie een andere benadering van het onderwijshuisvestingssysteem noodzakelijk voor de opgave. "Herstructureren van maatschappelijke systemen, in deze casus onderwijshuisvesting is volgens Rotmans et al. (2001) een transitie". "Transitie is een fundamentele verandering in de structuur, cultuur en werkwijze van een maatschappelijk systeem" (Rotman en Horsten, 2012, P. 235). Onderzocht moet worden op welke wijze het onderwijshuisvestingssysteem moet worden ingericht om de doelstelling; *"in 2050 zijn alle schoolgebouwen duurzaam*, te kunnen halen.

Een methode kan zijn om het oplossen van het systeemfalen vanuit de transitietheorie van Dirven et al. (2002) te benaderen. Hierbij wordt in transitiearena's (vernieuwingsnetwerken) door alle actoren/stakeholders, waaronder overheden, bedrijven, maatschappelijke organisaties en kennisinstellingen met theoretische- en ervaringskennis", een werkwijze ontwikkeld voor de inhoudelijke en procesmatige aanpak van transities. Door al-doende-leren en al-lerende-doen moet het transitieproces tot stand komen. (Dirven et al., 2002). Hierbij is volgens Dirven et al. (2002) en Rotmans en Horsten (2012) voor de overheid een belangrijke rol weggelegd. De overheid moet kapitaal, kennis en bestuur hulpbronnen beschikbaar stellen om de transitie te laten slagen (Rotmans en Horsten, 2012, P. 243).

### 3. Onderzoeksmethode

In het theoretisch kader zijn vier componenten binnen het systeem van de sector onderwijshuisvesting benoemd die van belang zijn voor het halen van de doelstelling; ontwikkelen, presteren, financieren en exploiteren van het schoolgebouw. De conclusie vanuit de theorie is dat er mogelijk andere methoden en vormen voor de componenten zijn die het halen van de doelstelling dichterbij brengen.

In het onderzoek wordt door middel van veld- en bureauonderzoek onderzocht in welke vorm en op welke wijze deze vier componenten een betere bijdrage kan of aanpassingen kunnen leveren aan het systeem zodat het behalen van de doelstelling realistischer wordt.

#### 3.1 Onderzoeksmethode en strategie

Om de onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden wordt een nieuw fenomeen bestudeerd, geanalyseerd en geëvalueerd; het transformeren van vijftiennegentighonderd schoolgebouwen in het primair en voortgezet (funderend) onderwijs tot duurzame schoolgebouwen voor 2050. Het is een analyse van het systeem en de opgave van de sector onderwijshuisvesting in het funderend onderwijs.

Door het vaststellen van het klimaatakkoord in 2019 en de invoering van het Bouwbesluit en daarmee de BENG-eisen in 2021 wordt sindsdien 2021 door gemeenten en schoolbesturen duurzame aardgasvrije schoolgebouwen ontwikkeld en gerealiseerd. Voor zover bekend is tot nu toe nog niet onderzocht of de wijze waarop het systeem van onderwijshuisvesting is ingericht tijdig (voor 2050) voldoende duurzame schoolgebouwen oplevert. En of de gerealiseerde duurzame schoolgebouwen in Nederland voldoen aan de vooraf gedefinieerde eisen van de VNG en de sectorraden.

Het theoretisch kader heeft aangetoond dat de vier componenten essentieel zijn voor het realiseren van de doelstelling. Door het ontbreken van kennis over mogelijkheden met betrekking tot de vier componenten van duurzame schoolgebouwen is dit een verkennend onderzoek vanuit de theorie en de praktijk.

Yin (2018) onderscheidt vijf onderzoeksmethodes; experimenten, enquête, archiefonderzoek, historisch onderzoek en casestudie.

Methode	Vorm van onderzoeksvraag	Vereist een gecontroleerde omgeving	Focust op hedendaagse gebeurtenis
experimenten	hoe, waarom	ja	ja
enquête	wie, wat, waar, hoeveel, hoe vaak	nee	ja
archiefonderzoek	wie, wat, waar, hoeveel, hoe vaak	nee	Ja/nee
historisch onderzoek	hoe, waarom	nee	nee
casestudie	hoe, waarom	nee	ja

Tabel 2: bron COSMOS Corporation, Yin, 2018.

Dit onderzoek is opgezet als een casestudie van een sector. Een casestudie onderzoekt een hedendaags fenomeen, waarbij geen gecontroleerde omgeving is en heeft in de regel een "hoe of waarom" vraag (Yin, 2018). De onderzoeksvraag voor dit onderzoek luidt:

*Is de huidige systematiek van ontwerpen, bouwen, financieren en beheren van schoolgebouwen een goede basis voor de realisatie van de doelstelling dat alle schoolgebouwen in 2050 betaalbare, energiezuinige gebouwen zijn met een gezond binnenklimaat.*

Hoewel het woord "hoe" ontbreekt in de vraag, is het toch een hoevraag. De vraag kan ook geformuleerd worden als; *hoe is de systematiek van onderwijshuisvesting opgezet en is dit adequaat om de doelstelling te halen.*

Hoe- en waaromvragen zijn vaak verkennend en worden als methode bij een casestudie gehanteerd omdat het onderzoek gaat over een operationeel proces gedurende een periode (Yin, 2018). Bougie en Sekaran (2020) definiëren een casestudie als volgt; "in casestudies is de case het individu, de groep, de organisatie, het fenomeen, of de situatie waarin de onderzoeker geïnteresseerd is".

Yin onderscheidt vier belangrijke stappen in een casestudie; definiëren en selecteren van de case voor de casestudie (1); meerdere cases gebruiken als onderdeel van dezelfde casestudie (2), het bewijs in de casestudie versterken door zowel kwalitatieve als kwantitatieve gegevens te verzamelen (3) en het analyseren van de gegevens van de casestudie (4) (Bickman & Rog, 2009). Dit onderzoek is opgezet volgens de vier stappen van Yin (Bickman & Rog, 2009).

Deze casestudie richt zich op het specifieke fenomeen; de ontwikkeling en prestaties van duurzame schoolgebouwen voor funderend onderwijs. Hiervoor wordt bij tien schoolbesturen (cases) zowel kwantitatieve als kwalitatieve data verzameld. Door meerdere schoolbesturen (cases) binnen het onderzoek (casestudie) te gebruiken wordt het resultaat van het onderzoek sterker (Yin, 2009). De verzamelde gegevens worden vervolgens geanalyseerd en getoetst aan de hand van de kennis en ervaringen bij marktpartijen en bureauonderzoek (literatuur) over vergelijkbare cases.

### 3.2 Opzet van het onderzoek

Het doel van het onderzoek is om de vraag te beantwoorden of de huidige systematiek van onderwijshuisvesting een goede basis is voor het behalen van de doelstelling. Om de onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden moeten de onderstaande deelvragen worden beantwoord:

1. Hoe is het proces om te komen tot een duurzaam schoolgebouw ingericht en levert dit tijdig voldoende schoolgebouwen op?
2. Is het PvE een goed uitgangspunt voor een energiezuinig gebouw met een gezond binnenklimaat? Levert dit de beoogde besparing op energieverbruik en CO<sub>2</sub> uitstoot?
3. Hoe wordt onderwijshuisvesting gefinancierd en is dit voldoende voor de bouw en exploitatie van de nieuwe schoolgebouwen?
4. Is de huidige wijze van eigendom, beheer en gebruik van de schoolgebouwen efficiënt en doelmatig?
5. Welke aanbevelingen kunnen worden gedaan om de doelstelling te kunnen halen?

Binnen onderwijshuisvesting is nog geen sprake van een brede ervaring met onderzoek naar de vier componenten; de ontwikkelen, presteren, financieren en exploiteren van schoolgebouwen. Bij kantoorgebouwen zijn onderzoeken naar de prestaties op het gebied van energiegebruik uitgevoerd. In de onderzoeken van Elkhuizen et al.(2005), De Wilde (2014) en Van Dronkelaar et al. (2016) is het voorspelde energieverbruik vergeleken met het gemeten (werkelijke) energieverbruik. Elkhuizen et al. (2005) heeft daarnaast door middel van interviews en workshops met marktpartijen onderzocht wat de oorzaken zijn van de geconstateerde prestatiekloof bij kantoorgebouwen.

Duurzame schoolgebouwen met klimaatinstallaties worden op dezelfde wijze ontworpen en gebouwd als de onderzochte kantoorgebouwen. Voor de opzet van het onderzoek wordt een vergelijkbare methodiek gehanteerd als in de onderzoeken naar prestaties van kantoorgebouwen. Het kwantitatieve deel is het inventariseren van de prestaties van de gebouwen, zowel op het gebied van het binnenklimaat als financieel. Dit gebeurt door middel van bureauonderzoek en door gegevens op te vragen bij schoolbesturen.

Bij het onderzoek wordt gebruik gemaakt van kwalitatief onderzoek. Dit bestaat uit het interviewen van alle betrokken partijen binnen onderwijshuisvesting en de verduurzamingsopgave in Nederland. Dit zijn:

- tien schoolbesturen (S); zij zijn de eigenaren van de schoolgebouwen en zijn verantwoordelijk voor de exploitatie,
- vier gemeenten (G); zij stellen het Integraal Huisvestingsplan op waarmee ze de volgorde en het tempo van de (vervangende) nieuwbouw bepalen. De gemeenten financieren de (vervangende) nieuwbouw
- tien adviseurs (A), huisvestingsadviseurs, architecten en installatieadviseurs
- tien uitvoerende partijen (U), landelijke aannemers en installateurs
- zeven landelijke partijen (L), de sectorraden, VNG, OCW, Invest-NL en Ruimte-OK.
- twee bestuurders van stichtingen die schoolgebouwen ontwikkelen en beheren voor schoolbesturen

De populatie, oftewel het aantal gerealiseerde duurzame schoolgebouwen volgens het PvE, is klein en daarmee ook het aantal partijen die er ervaring mee hebben. Daardoor is het aantal interviews te klein om te coderen en categoriseren voor validatie (Bougie en Sekaran, 2020, Bryman, 2012).

Bij een verkennend onderzoek is het van belang goed inzicht in de problematiek en de mogelijke oplossingen te krijgen. Bij de respondenten worden semigestructureerde interviews afgenomen. Dit biedt de mogelijkheid om verdiepende vragen te stellen waardoor nieuwe feiten naar voren kunnen komen die kunnen leiden tot beter inzicht (Bougie en Sekaran, 2020). "Waar bij coderen en categoriseren betekenis wordt gegeven door de onderzoeker, wordt bij de narratieve analyse door de respondenten zelf betekenis gegeven" (Bryman, 2012, p. 584).

In totaal zijn drieënveertig vertegenwoordigers van alle partijen binnen het onderwijshuisvestingssysteem geïnterviewd. Door alle belanghebbenden van onderwijshuisvesting in Nederland te betrekken bij het onderzoek worden alle facetten van het probleem vanuit verschillende gezichtspunten onderzocht. In de semigestructureerde interviews is gevraagd naar:

- op welke wijze is het ontwikkelproces opgezet, de wijze van ontwerpen, aanbesteden en realiseren en wat is daarbij hun ervaring?
- wat zijn de ervaringen met betrekking tot de prestaties van de gebouwen, worden deze actief gemonitord?
- passen stichtingskosten en de exploitatiekosten van de nieuwe gebouwen in de budgetten?
- wordt de doelstelling; “in 2050 zijn de schoolgebouwen duurzaam” gehaald?
- wat zijn de oorzaken van het eventueel niet halen van de doelstelling?
- wat zou u in de toekomst anders doen, waar liggen verbeterpunten?

Vervolgens is met de geïnterviewden het gesprek aangegaan over hun kijk op de problematiek en mogelijke oplossingen om zo beter inzicht te krijgen. Aan de landelijke partijen is gevraagd hoe zij tegen de opgave aankijken.

De antwoorden op de vragen en opmerkingen van de respondenten zijn in twee categorieën verdeeld, de oorzaak van het niet halen van de doelstelling en de volgens de respondent mogelijke oplossingen. De antwoorden en opmerkingen zijn vervolgens onderverdeeld in de vier componenten, ontwikkelen, presteren, financieren en exploiteren.

Om de importantie van de antwoorden en opmerkingen per categorie te kunnen vergelijken is per item het percentage uitgerekend van het aantal keer dat het item is genoemd in verhouding tot alle genoemde items binnen een component. Zo noemen de Landelijke partijen het bouwen van prototypes en de uitvoerende partijen de manier van aanbesteden de belangrijkste oorzaak.

Door het aantal semigestructureerde interviews (43) en de gedifferentieerde samenstelling van de groep respondenten die betrokken zijn bij onderwijshuisvesting (6) is er voldoende informatie verkregen om de belangrijke factoren die in de situatie spelen te begrijpen en te beschrijven (Bougie en Sekaran, 2020).

Naast het kwalitatieve veldonderzoek, is er bureauonderzoek gedaan. Het bureauonderzoek bestaat uit onderzoek naar de betaalbaarheid van de schoolgebouwen op basis van beschikbare data en het analyseren van onderzoeken over onderwijshuisvesting die de afgelopen jaren zijn uitgevoerd door betrokken partijen. Bij drie aardgasvrije frisse schoolgebouwen klasse B zijn sensoren opgehangen om het CO<sub>2</sub> gehalte en de temperatuur in de klaslokalen te meten.

Door binnen dit onderzoek gebruik te maken van meerdere technieken voor het verzamelen van gegevens en deze te integreren wordt het onderzoek beter onderbouwd en is er minder kans op bias (Yin, 2018). Bryman (2012) stelt dat door het gebruik van meerdere onderzoeksmethoden triangulatie ontstaat wat resulteert in een grotere betrouwbaarheid van de bevindingen.

### 3.3 Dataverzameling

Het onderzoek van de casestudie naar het systeem van de sector onderwijshuisvesting is een combinatie van veld- en bureauonderzoek. Het is gebaseerd op de vier componenten ontwikkelen, presteren, financieren en exploiteren. Het veldonderzoek bestaat uit de interviews en een steekproef bij drie duurzame gebouwen. Door semigestructureerde interviews met schoolbesturen, gemeenten, uitvoerende partijen en adviseurs worden de ervaringen, knelpunten en mogelijke verbeterpunten in kaart gebracht.

In de interviews is gevraagd of zij op de hoogte zijn van de kosten en de prestaties van de gebouwen en of deze worden gemonitord en passen binnen de normen. Aan de landelijke partijen is gevraagd hoe zij tegen de opgave van het verduurzamen van de schoolgebouwen aankijken, wat de knelpunten en eventuele verbeterpunten zijn. Onderzoeken die door of in opdracht van deze partijen zijn uitgevoerd worden opgenomen bij de dataverzameling als onderdeel van het bureauonderzoek.

Met bureauonderzoek is de financiering en de stichtings- en exploitatiekosten van onderwijshuisvesting geanalyseerd. Hierbij is gebruik gemaakt van de gegevens van het Rijk en benchmark onderzoeken die zijn uitgevoerd. De uitkomsten van de analyse is vergeleken met de ervaringen van schoolbesturen en gemeenten.

Bij drie verschillende typen duurzame schoolgebouwen die zijn gerealiseerd op basis van Frisse scholen B zijn als steekproef met sensoren van Airthings in drie lokalen per school gedurende een maand de temperatuur en het CO<sub>2</sub> gehalte in de klaslokalen gemeten om zo inzicht te krijgen of de schoolgebouwen de normen van Klasse B halen.

### 3.4 Data-analyse

Het doel van de data-analyse is om op basis van de verzamelde gegevens te zoeken naar veelbelovende patronen, inzichten of concepten over de ontwikkeling en de ervaring met de gerealiseerde schoolgebouwen (Yin, 2018).

De interviews met alle betrokken partijen leveren kwalitatieve data en geven inzicht in de wijze waarop in Nederland de schoolgebouwen worden ontworpen, aanbesteed en gerealiseerd en de eventuele belemmeringen en verbeterpunten. Het beantwoordt deelvraag een; hoe is het proces om te komen tot een duurzaam schoolgebouw ingericht en levert dit tijdig voldoende schoolgebouwen op.

De meetgegevens van het binnenklimaat en energieverbruik leveren kwantitatieve primaire data. De verzamelde kwantitatieve data zijn vergeleken met de eisen uit het PvE op het gebied van binnenklimaat, energieverbruik en CO<sub>2</sub> uitstoot. Dit beantwoordt deelvragen twee en drie; worden de eisen die aan het binnenklimaat worden gesteld gehaald en gebruiken de schoolgebouwen minder energie en stoten deze minder CO<sub>2</sub> uit. Hierdoor wordt een eventuele prestatiekloof inzichtelijk.

Het bureauonderzoek naar de betaalbaarheid van de stichtings- en exploitatiekosten en de vraag aan de schoolbesturen of zij van mening zijn dat zij voldoende middelen krijgen van het Rijk voor de exploitatie geeft antwoord op deelvraag drie.

Bij schoolbesturen en gemeenten is informatie opgehaald over de ervaringen met betrekking tot het beheer van de gebouwen. Dit geeft inzicht in het antwoord op deelvraag vier; hebben schoolbesturen voldoende expertise om de duurzame schoolgebouwen te exploiteren.

De interviews met gemeenten, schoolbesturen en marktpartijen leveren primaire en kwalitatieve data op. De interviews zijn geanalyseerd op patronen. De uitkomsten/patronen van de interviews met de gemeenten, schoolbesturen zijn vergeleken met de kwantitatieve gegevens. Deze analyse geeft inzicht in hoe de ervaring is met de schoolgebouwen in vergelijking met de eisen van het PvE en de prestaties.

Ook de uitkomsten/patronen van de interviews met de markt- en landelijke partijen zijn vergeleken met de kwantitatieve gegevens. Hieruit wordt duidelijk of het beeld van deze partijen

overeenkomt met doelstellingen. Is er bij alle partijen voldoende kennis over en inzicht in de wijze waarop duurzame schoolgebouwen worden ontwikkeld en beheerd en verwachten zij dat de doelstelling wordt gehaald.

Vanuit de analyse van de kwantitatieve en kwalitatieve data wordt inzichtelijk hoe de duurzame schoolgebouwen presteren en of de doelstelling haalbaar is. Indien de doelstelling niet haalbaar is kan vanuit de analyse worden bepaald waardoor de doelstelling niet wordt behaald en wat mogelijke aanbevelingen zijn die het halen van de doelstelling realistischer kunnen maken.

## 4. Resultaten onderzoek

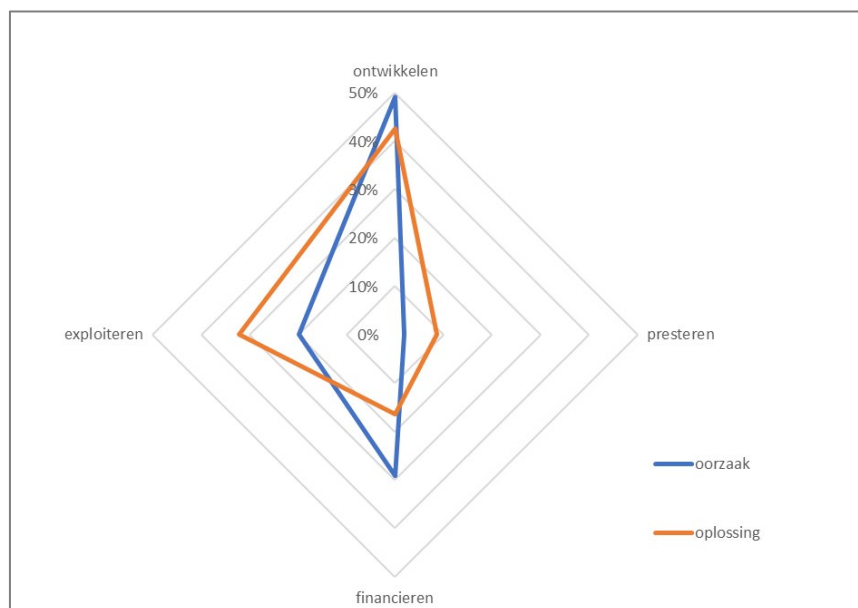
In het onderzoek is door middel van veld- en bureauonderzoek geïnventariseerd wat de praktijkervaringen en visies zijn van de adviseurs, uitvoerende partijen, schoolbesturen, gemeenten en landelijke partijen met betrekking tot de vier gebouwaspecten; ontwikkelen, presteren, financieren en exploiteren.

Bij de landelijke partijen is consensus dat de doelstelling met de huidige manier van werken niet wordt gehaald. “We moeten 350 schoolgebouwen per jaar opleveren, misschien wel 500. We zitten nu geloof ik op 90 per jaar en het wordt alleen maar minder” (L35). “We hebben recent berekend dat als er niet geïntensiveerd wordt, het getal nog verder gaat dalen naar 0,8% en waarschijnlijk nog verder”. En ja, de vervangingsvraag moet eigenlijk op volgens mij 3 tot 3,5% liggen om de klimaatdoelstellingen te halen, dus die moet fiks omhoog” (L40).

Een aantal gemeenten en schoolbesturen hebben het beeld dat ze op schema liggen. Indien hierop verder wordt doorgevraagd blijkt dat het tempo minimaal verdubbeld moet worden. De overige partijen hebben te weinig overzicht over de totale problematiek om dit inzicht te hebben

Er zijn de afgelopen jaren vanuit het ministerie, de sectorraden en Ruimte-OK een aantal onderzoeken gedaan en initiatieven genomen om te kijken hoe het proces versneld kan worden. De uitkomsten van deze onderzoeken worden behandeld in dit hoofdstuk.

De items die in de interviews zijn genoemd als oorzaak en mogelijke oplossing voor het (niet) halen van de doelstelling zijn onderverdeeld in de vier componenten.



grafiek 1: overzicht uitslag interviews belang oorzaak en oplossing per component

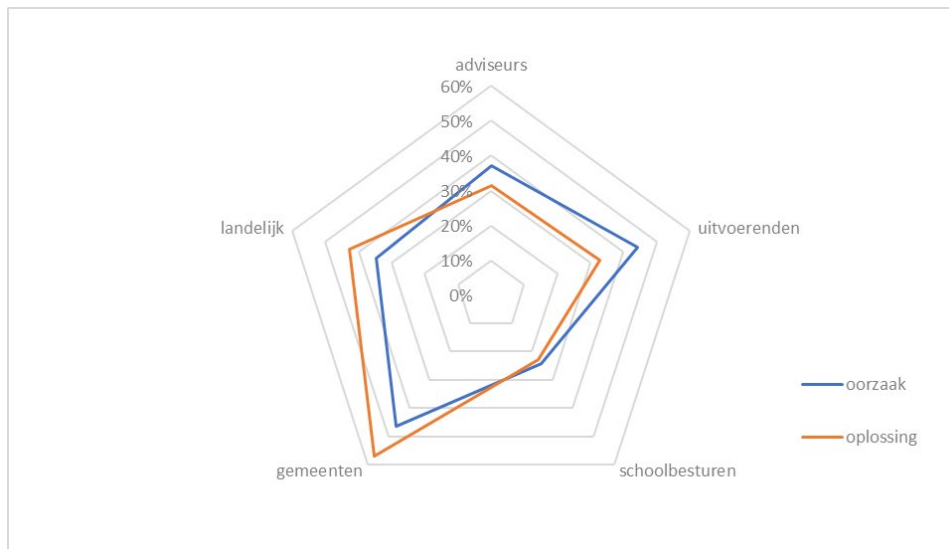
In de bovenstaande grafiek staan de resultaten van de interviews. De grafiek laat zien hoe vaak (procentueel) een item wordt genoemd ten opzichte van de andere items. Hierin komt naar voren dat met name het ontwikkelen en financieren van de gebouwen wordt gezien als oorzaak voor het niet halen van de doelstelling en in andere vormen en methoden als mogelijke oplossing. Opvallend is dat presteren weinig wordt genoemd als oorzaak maar wel als oplossing. In vier paragrafen wordt per component het resultaat van het veld- en bureauonderzoek weergegeven.



## 4.1 Ontwikkelen

### 4.1.1 Mogelijke oorzaken

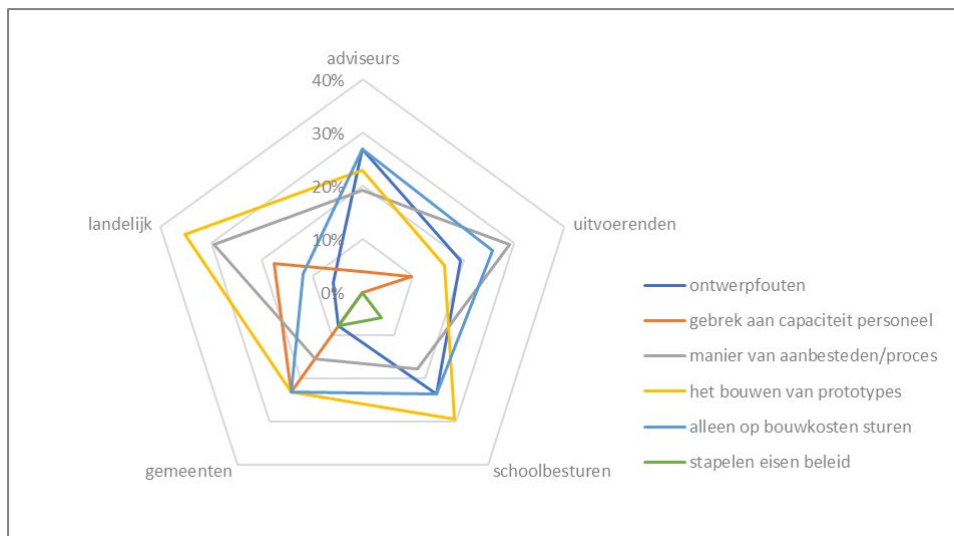
De wijze waarop het ontwikkelproces is ingericht wordt door alle partijen als een belangrijke oorzaak voor het niet en mogelijke oplossing voor het wel halen van de doelstelling genoemd. Hierbij wordt het bouwen van prototypes, de manier van aanbesteden, en het alleen sturen op bouwkosten en niet op kwaliteit of exploitatiekosten als hoofdoorzaken genoemd.



grafiek 2: overzicht uitslag interviews belang oorzaak en oplossing component ontwikkelen

Er is een verschil per partij op basis van ervaring en expertise. Zo noemen landelijke partijen het aanbesteden en het bouwen van prototypes als belangrijkste oorzaak. De gemeenten noemen sturen op alleen bouwkosten, de schoolbesturen op het bouwen van prototypes, de uitvoerende partijen op het aanbestedingsproces en op bouwkosten en de adviseurs ontwerpfouten en alleen sturen op bouwkosten.

Uit de interviews met de schoolbesturen en de gemeenten blijkt dat het proces om te komen tot een duurzaam schoolgebouw vergelijkbaar is met Delft. De gemeente stelt het budget voor de stichtingskosten vast en het schoolbestuur mag als bouwheer (eenmalig) een schoolgebouw ontwerpen en bouwen. Nederland heeft veel kleine schoolbesturen met een tot vier schoolgebouwen waardoor het schoolbestuur nauwelijks tot geen ervaring heeft met nieuwbouw van scholen (A34). Volgens het interdepartementaal beleidsonderzoek (IBO) (2021) is er gebrek aan expertise bij schoolbesturen en gemeenten. "Als schoolbestuur zoals wij, zijn we best wel overgeleverd aan de blauwe ogen van de inhuur, experts zeg maar, dus je mist de expertise" (S28).



grafiek 3: uitslag interviews belang oorzaak per genoemd item

De wijze waarop het ontwikkelproces is ingericht zorgt er ook voor dat er elke keer opnieuw een schoolgebouw en dus een prototype wordt ontworpen en gebouwd. "Elke schoolleider denkt voor zichzelf een eigen kasteel te mogen bouwen"(L27). "die [onderwijshuisvestingsprojecten] komen daar vervolgens ook nog eens niet vaak langs, waardoor kennis niet behouden blijft" (IBO, 2021, P. 4). "Ja, je moet dit ook niet meer overlaten aan schoolbesturen, dus het bouwheerschap en schoolbesturen met moderne gebouwen en moderne techniek is principieel fout " (R42).

Het schoolbestuur gaat met een architect en adviseurs aan tafel en ontwikkelt het schoolgebouw. Hierdoor ontbreekt een kritische massa waardoor er sprake is van "het wiel opnieuw uitvinden" (IBO, 2021). Er wordt geen blijvende kennis opgedaan waardoor er geen leercurve ontstaat en er geen ruimte is voor innovatie en de kans op faalkosten groot is.

Door middel van een aanbestedingsprocedure, vaak Europees, worden een architect, adviseurs en aannemers geselecteerd. De meerdere selectieprocedures worden door de schoolbesturen, de gemeenten, de uitvoerenden en de adviseurs als langdurig en kostbaar ervaren. "Wij besteden soms een kwart van ons honorarium aan selectieprocedures en als we niet een op de vier winnen hebben we uiteindelijk geen geld meer over om projecten te doen" (A31).

Door de vele opeenvolgende selectieprocedures wordt er steeds met wisselende teams gewerkt waardoor er binnen het team geen ervaring wordt opgebouwd en er geen ruimte is voor innovatie. Een installatie-adviseur zegt hierover "Het is echt afhankelijk van wie je aan tafel hebt" (A12).

Op basis van het programma van eisen van het schoolbestuur wordt door de architect en de adviseurs een ontwerp gemaakt. Een installateur zegt in het interview: "50% van wat een (installatie) adviseur bedenkt gaat de container in (U6). Hierdoor is dus het PvE en het ontwerp geen garantie voor de uiteindelijke kwaliteit van het gebouw.

Met het ontwerp van het gebouw en de installaties (bestek) wordt de aannemer geselecteerd. "Nou, dan krijgen wij (de inschrijvers) gemiddeld een 7,5 voor planvorming en wat is er dan bepalend? de prijs!" (U5). Dan selecteer je een aannemer en vervolgens neemt die een paar installateurs mee, waarvan je denkt wat verschrikkelijk (A12). Dus de inrichting van het ontwikkelproces en de selectieprocedures is kostbaar, tijdrovend en geeft geen garantie op grip op

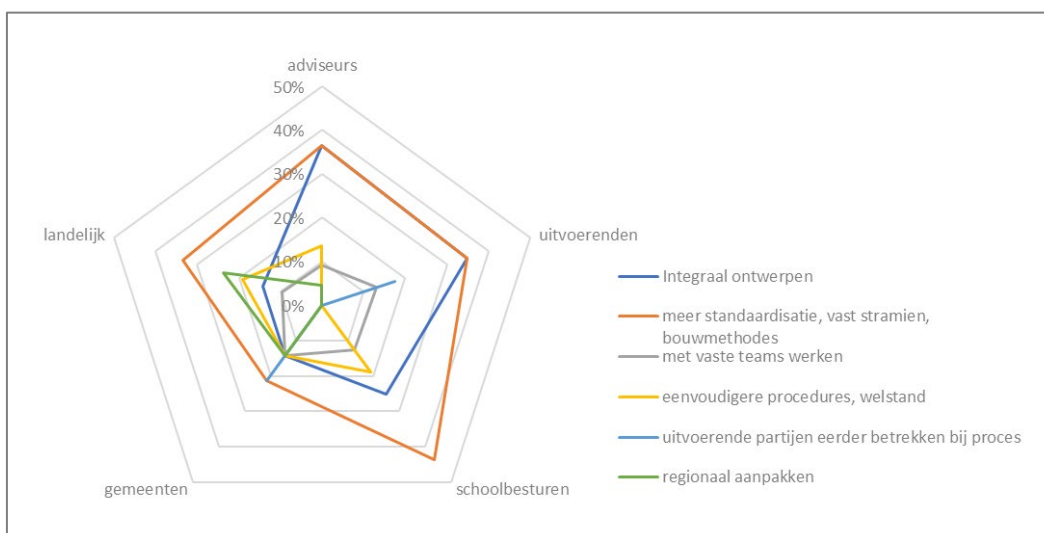
de bouwkosten en de kwaliteit van het uiteindelijke schoolgebouw. L35 spreekt zelfs van marktfalen.

Doordat de gemeente de stichtingskosten vaststelt wordt door de schoolbesturen hoofdzakelijk gestuurd op de bouwkosten. De keuzes die in het ontwerpproces op basis van de bouwkosten worden gemaakt kunnen ten koste gaan van de kwaliteit van het gebouw de installaties. Hierdoor kunnen de onderhoudskosten hoger uitvallen en het gewenste kwaliteitsniveau van binnenklimaat en energieverbruik niet worden gehaald. "Tegen een aantal opdrachtgevers zeg ik aan de voorkant je moet wat meer investeren, maar dan krijg je terug, we hebben gewoon geen budget, that is that" (A4).

De conclusie vanuit het veld en bureauonderzoek bekrachtigd de conclusie van het theoretisch kader over deelvraag één dat het huidige ontwikkelproces niet goed functioneert en daardoor niet tijdig voldoende duurzame schoolgebouwen oplevert.

#### 4.1.2 Mogelijke oplossingen

De oplossingsrichtingen die uit de interviews naar voren komen zijn; integraal ontwerpen, meer standaardisatie, eenvoudiger vergunningsprocedures en werken met vaste teams.



grafiek 4: uitslag interviews belang mogelijke oplossing per genoemd item

Ook hier zijn er verschillen per partij. De landelijke partijen noemen met name meer standaardisatie van de schoolgebouwen en regionale aanpak als oplossingsrichting. De gemeenten benoemen alle thema's, de schoolbesturen noemen standaardisatie en zowel de uitvoerende partijen als de adviseurs benoemen integraal ontwerpen en standaardisatie.

Zeven geïnterviewden noemden ook het Legoliseren van onderwijshuisvesting, naar het speelgoedmerk Lego. Het idee is dat met standardelementen sneller, goedkoper en met meer grip op de kwaliteit scholen gebouwd kunnen worden (U8, S9, L10, A12, L35, L37 en L40). De gemeente Amsterdam heeft het innovatiepartnerschap schoolgebouwen opgezet en gaat met drie consortia de komende jaren gestandaardiseerde scholen bouwen. "Wij vinden dat het geen unieke hoogstandjes hoeven te zijn, maar we vinden vooral dat het moet doen wat het belooft en dat het betaalbaar moet zijn in de exploitatiefase" (L10 en L11).

Het IBO (2021) stelt in zijn aanbevelingen met betrekking tot het ontwikkelproces: het opstellen van standaarden voor nieuwbouw en renovatie, het ontwikkelen van standaard contractvormen en het versterken van de kennis.

Het innovatieprogramma Onderwijshuisvesting, groeifonds aanvraag (Andersson, Elffers en Felix, 2023) wat is opgesteld in opdracht van OCW, sectorraden en VNG, richt zich op het standaardiseren van producten, procedures en werkprocessen. "De doelstelling is om efficiëntere bouwprocessen te realiseren, prestaties van schoolgebouwen te verhogen en ontwikkel-, bouw- en exploitatiekosten te verlagen (Andersson, et al., 2023, P. 3).

Het meer integraal ontwerpen, het standaardiseren en het werken met vaste teams sluit aan bij de geconstateerde problemen met betrekking tot het bouwen van prototypes en het alleen sturen op bouwkosten. "Kijk van een N is één opgave (prototype) naar de N is enkele tientallen opgaves gaat, ja, dan maak je in mijn optiek altijd meters" (U25). "Met Standaardisatie op verschillende niveaus; proces en product, op beide vlakken is veel winst te behalen" (L27).

De vraag is alleen hoe het proces en het schoolgebouw gestandaardiseerd kan worden met 342 verschillende financiers (gemeenten) en 1.365 verschillende opdrachtgevers (schoolbesturen), elk met hun eigen beleid die vijftien negentighonderd schoolgebouwen moeten verduurzamen. Een van de conclusies van het IBO rapport is dat er "gebrek aan expertise met betrekking tot ontwikkeling, realisatie en beheer van onderwijshuisvesting bij schoolbesturen en gemeenten is" (IBO, 2022, P. 10). "En dan zie je iedere keer weer, dan heb je net het enthousiasme enigszins bij een paar schoolbesturen, dat ze meedenken, dan gaan er natuurlijk weer een paar weg en dan zakt het helemaal weer in" (G41).

Een alternatief voor de versnipperde aanpak kan een regionale aanpak zijn, wat door de landelijke partijen wordt genoemd. Het scholenprogramma Noord Oost Groningen heeft laten zien dat de opgave, het verstevigen en verduurzamen van drieënzestig schoolgebouwen, door de centrale regie en een programmatische aanpak op tijd en binnen budget is gerealiseerd (Bol, 2022, Ruimte-OK, 2023). "Samen [gemeenten en schoolbesturen] voor een groter geheel verantwoordelijk laten zijn en daardoor de mogelijkheid hebben om meer expertise in huis te halen, nou dat is op zich niet zo verkeerd" (L11). Door L10 wordt als mogelijke oplossing een regionaal huisvestingsbedrijf of stichting maatschappelijk vastgoed genoemd die alles; bouw en exploitatie van de schoolgebouwen overneemt.

De implementatie van een programmatische en integrale aanpak is volgens de leden van de Taskforce financiering ook zonder institutionele financiering essentieel voor de vereiste verbetering van onderwijshuisvesting en doelmatiger besteding van financiële middelen. (Taskforce, 2023)

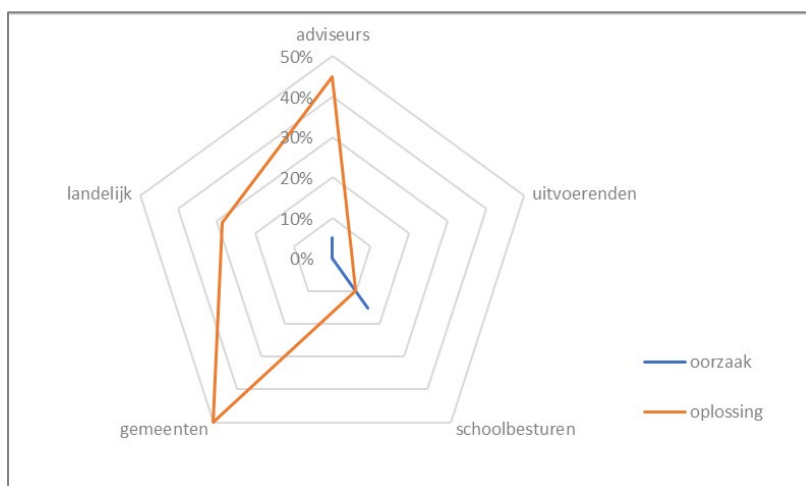
In het IBO (2022) rapport staat dat het systeem [onderwijshuisvesting] niet hoeft te worden gewijzigd omdat het goed functioneert. Verderop staat in hetzelfde rapport: "Het stelsel heeft eraan bijgedragen dat er landelijk gezien sprake is van een verouderde voorraad die kwalitatief goed onderwijs in de weg staat, leerprestaties negatief beïnvloedt en lang niet altijd aan wettelijke eisen voldoet " (IBO, 2022 P. 7). Dit wordt volgens het rapport veroorzaakt door de afhankelijkheid van teveel toevalligheden (IBO, 2022). Dit sluit aan bij de conclusie van het theoretisch kader dat het onderwijshuisvestingssysteem complex is. Het pleit toch op z'n minst voor een grondige evaluatie van het systeem en wellicht wel een systeemwijziging.

## 4.2 Presteren

Het presteren van het schoolgebouw bestaat volgens de definitie uit een laag energieverbruik en CO<sub>2</sub> uitstoot en een goed binnenklimaat,. Een goed binnenklimaat is gedefinieerd in het PvE zoals omschreven in het theoretisch kader. Het energieverbruik van een duurzaam gebouw volgens het klimaatakkoord, *Paris Proof*, is voor een schoolgebouw volgens het  $\leq 60\text{kWh/m}^2$  gebruiksoppervlakte (GO) (WEii, 2022). Dit zijn zowel de gebouwgebonden als het gebruiksgebonden energieverbruik.

### 4.2.1 Energieverbruik

De kwaliteit wordt in de interviews (maar) vier keer genoemd als risico en vierentwintig keer als oplossing voor het halen van de doelstelling. Als risico wordt geen grip op de kwaliteit van het gebouw tijdens het ontwikkelproces genoemd zoals omschreven in paragraaf 4.1.1 en te weinig dakoppervlakte voor zonnepanelen om de ENG norm te kunnen halen. Met name in stedelijke gebieden is dit een aandachtspunt (S7 en A12).



Grafiek 5: overzicht uitslag interviews belang oorzaak en oplossing component presteren

De oplossingen die worden genoemd zijn; meer aandacht voor passieve gebouwen (10) en een goed standaard programma van eisen (9) en normen zoals temperatuur ter discussie stellen (5). Passieve installatie-arme gebouwen worden genoemd door adviseurs, schoolbesturen en landelijke partijen. Een goed programma van eisen wordt genoemd door schoolbesturen, gemeenten en landelijke partijen. De normen worden met name genoemd door de adviseurs en uitvoerende partijen.

Uit de interviews komt naar voren dat er weinig tot geen zicht is op de uiteindelijke prestaties van het binnenklimaat en het energieverbruik van een duurzaam schoolgebouw. Na de oplevering is er vaak een garantietermijn van twee jaar waarin de installaties door de installateurs worden gemonitord. Daarna is er geen zicht meer op het functioneren van de installaties tenzij er een langdurige overeenkomst is (U5, U6, U20, U21 en U33). "Er komt een servicepartij in beeld die met alle goede bedoelingen klachten gaat verhelpen via een stukje regeltechniek [de temperatuur wordt omhoog gezet]. Met het gevaar dat daardoor de installaties als een malle weer meer gaat verbruiken, zeker met dit soort laagtemperatuur installaties" (A12).

Uit de gesprekken met de schoolbesturen komt naar voren dat ook zij geen goed zicht hebben op het binnenklimaat en het functioneren van de installaties. De installaties worden niet actief gemonitord. Dit is ook niet altijd mogelijk omdat de huisvestings- en facilitair managers van de schoolbesturen niet altijd toegang hebben tot de gebouwbeheersystemen. Zij reageren reactief, als er geen klachten zijn vanuit de scholen dan zal het wel goed zijn.

Over het algemeen is er geen goed inzicht in het energieverbruik. Voor gegevens over het energieverbruik zijn de schoolbesturen vaak afhankelijk van de jaarlijkse facturen. Zo kwam men pas na een jaar bij het ontvangen van de energierekening er achter dat bij een schoolgebouw de warmtepomp een jaar lang niet goed had gefunctioneerd, wat een hoge energierekening tot gevolg had (S3). Het gerenoveerde schoolgebouw met nul op de meter (NOM) blijkt 37.295kWh stroom per jaar te gebruiken. Dit valt binnen de norm van WEii 60kWh per m<sup>2</sup> GO maar is niet NOM.

Doordat de schoolbesturen geen inzicht hebben op de prestaties van het binnenklimaat en het energieverbruik kan er dus niet worden vastgesteld of er sprake is van een prestatiekloof zoals door Elkhuizen et al. (2005), Van Dronkelaar et al. (2016) en De Wilde (2014) is geconstateerd bij kantoorgebouwen. Hierdoor kan niet vanuit de theorie noch de praktijk deelvraag twee over het energieverbruik en CO<sub>2</sub> uitstoot worden beantwoord. Om dit te kunnen vaststellen moet verder onderzoek worden gedaan door schoolgebouwen gedurende een langere periode te monitoren.

	PO/VO	actieve monitoring	proactief reactief	klimaat lokaal	weet energie verbruik	weet onderhoudskosten	onderhoudskosten passen in MI	traditioneel / LCC
S3	PO	X	R	+/-	V	V	X	T
S1	VO	X	R	+/-	V	X	?	T
S3	PO	X	R	+	X	V	X	T
S7	PO	X	R	+/-	X	V	X	T
S7	PO	X	R	+/-	X	V	X	T
S9	PO	X	R	+	V	V	X	T
S13	PO	X	R	+	X	V	X	T
S15	VO	XV	R	+	X	X	X	T
S24	VO	xV	R	+	X	V	X	T
S23	VO	X	R	-	X	V	X	T
S28	VO	V	P	+	V	X	?	T

Tabel 3: inventarisatie prestaties en financiën schoolgebouwen

#### 4.2.2 Binnenklimaat

De norm voor ventilatie en CO<sub>2</sub> in het klaslokaal volgens het PvE klasse B is 8,5dm<sup>3</sup>/s per persoon en ≤ 950ppm. De normen van de temperatuur in de winter is 20 – 23°C. In de zomer minimaal 95% van de schooltijd ≤ 26°C. Ervan uitgaande dat de meteorologische zomer van 1 juni tot 1 september loopt en in deze periode zes weken zomervakantie zijn, zijn er in deze periode vijftig lesdagen. Volgens de norm mag het dus in deze periode in het klaslokaal twee dagen warmer zijn dan 26°C.

Tussen 2013 en 2022 zijn in Nederland, De Bilt, honderdeenentachtig dagen warmer dan 26,0°C geweest. Met als warmste dag 25 juli 2019, met een temperatuur van 40,7°C in Limburg. Van deze tropische dagen vielen honderdacht dagen in de zomervakantie en in het weekend. Hierdoor waren er in de periode vierenzeventig schooldagen warmer dan 26°C (KNMI, 2023). Dit is

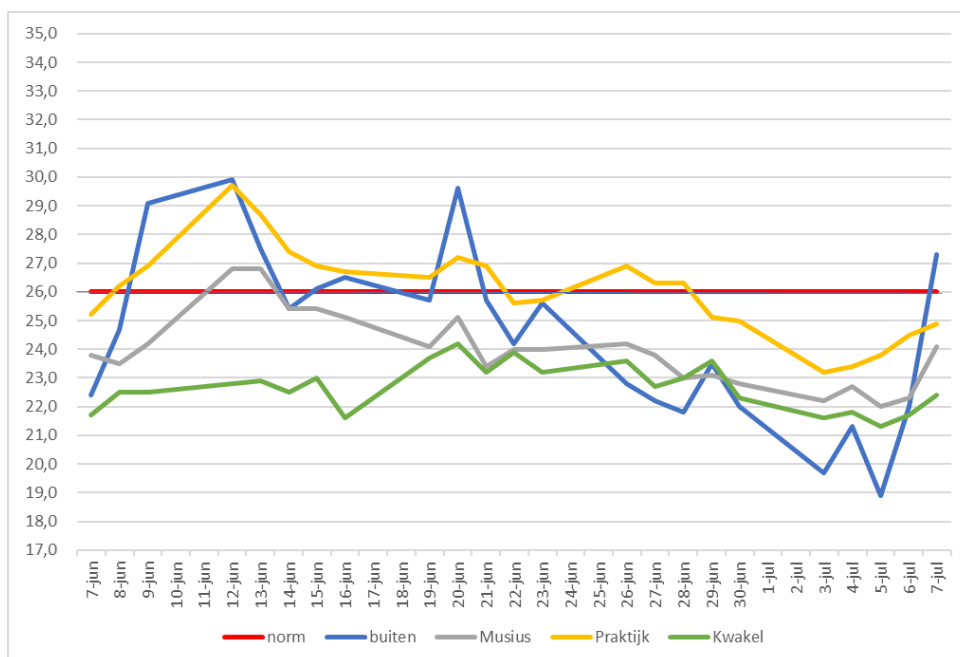
gemiddeld afgerond zeven dagen per jaar. Dit is meer dan het driedubbele dan volgens de norm van twee dagen per jaar.

Naast de buitentemperatuur produceert de mens ook warmte en daarmee interne warmtelast in een ruimte. Een mens produceert, volgens ISSO 32, bij licht zittend werk rond de 200W interne warmtelast. De nieuwe schoolgebouwen zijn goed geïsoleerde gebouwen om het energieverbruik laag te houden. Door de goede isolatie van de lokalen zal een lokaal zonder mechanische ventilatie met actieve koeling eerder en vaker, ook bij lagere buitentemperaturen dan 26°C, de norm van 26°C in het klaslokaal overschrijden.

In drie verschillende type schoolgebouwen is, als steekproef, gedurende een maand, juni 2023, in drie klaslokalen sensoren van Airthings geplaatst om de temperatuur en CO<sub>2</sub> gehalte te meten. Alle schoolgebouwen hebben mechanische ventilatie. De Grotius Praktijkschool (renovatie en uitbreiding) heeft geen koeling. De Cornelis Musiuschool (renovatie) heeft ventilatie en beperkte koeling en De Kwakel (nieuwbouw) heeft ventilatie en actieve koeling.

De maand juni was een relatief warme maand met een gemiddelde temperatuur van 19,4°C. De langdurig gemiddelde temperatuur van juni is 16,2°C. De maand telde elf dagen met een temperatuur hoger dan 26,°C waarvan zes schooldagen. Dit is meer dan de norm van twee schooldagen warmer dan 26°C in het klaslokaal.

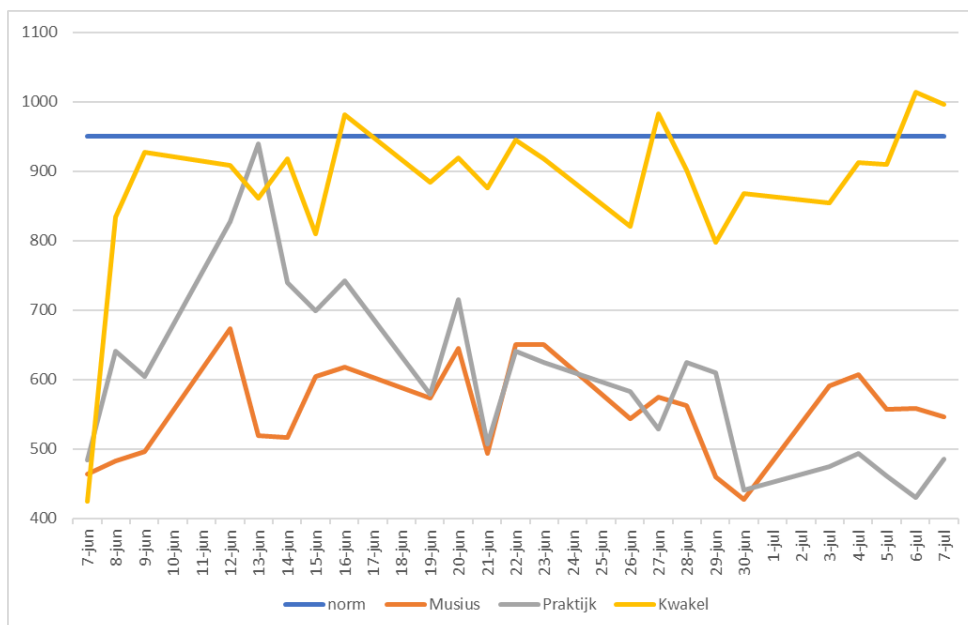
Uit de meting komt naar voren dat zowel de Musius als de Kwakel qua binnentemperatuur voldoen aan de eisen Klasse B. De binnentemperatuur van de Musius komt twee schooldagen boven de 26°C, wat past binnen de tolerantie van 5%. De Praktijkschool presteert veel slechter. Hier komt de temperatuur dertien schooldagen boven de 26,0°C, dat is 57% van de schooltijd. De hoogste gemeten temperatuur is 29,7°C. Dit was ook de warmste dag in juni, 29,9°C. De Musius had ook op die dag de hoogste binnentemperatuur 26,8°C.



Grafiek 6: buitentemperaturen en temperaturen in de klaslokalen in de maand juni 2023

De gemeten concentraties CO<sub>2</sub> blijven in de negen klaslokalen van de drie scholen binnen de norm. Wat uit de gedetailleerde meetresultaten zichtbaar is, is dat de waarden in de ochtend en

de middag, als de leerlingen binnenkomen, oplopen en daarna weer teruglopen naar waarden binnen de norm. Het lijkt dat de installaties goed reageren op de verhoogde CO<sub>2</sub> concentraties.



Grafiek 7: gemeten CO<sub>2</sub> in ppm tijdens schooldagen in de maand juni

Hoewel de meting bij de drie schoolgebouwen een zeer beperkte steekproef is, kan worden geconcludeerd dat met gebalanceerde ventilatie en actieve koeling voldaan kan worden aan de normen van Klasse B. Om antwoord te kunnen geven op het tweede deel van deelvraag twee moet beter inzicht worden verkregen in de prestaties van het binnenklimaat. Hiervoor moet onderzoek worden gedaan door bij meerdere schoolgebouwen gedurende een heel jaar met alle seizoenen het binnenklimaat te monitoren.

Het halen van de normen van klasse B wordt bij twee van de drie schoolgebouwen bereikt met gebalanceerde ventilatie en actieve koeling. De consequentie is wel dat deze schoolgebouwen met dure ingewikkelde installaties bij zowel de bouw als exploitatie zijn uitgevoerd. De vraag is of dit ook op andere manier met meer passieve en installatie-arme gebouwen kan worden bereikt.

Deze vraag komt naast het financiële aspect voort uit een aantal redenen. Het financiële aspect wordt in de paragraaf financiën verder toegelicht. De schoolgebouwen met klimaatinstallaties zijn complex en moeilijk te beheren. Schoolbesturen hebben veel moeite de installaties op orde te krijgen en te houden. Dit wordt verder toegelicht in de paragraaf exploitatie.

Het laatste argument is het energieverbruik van de duurzame schoolgebouwen. Door het toepassen van klimaatinstallaties met gebalanceerde ventilatie gebruiken de gebouwen meer energie dan een gebouw met te openen ramen. Dit is de paradox bij aardgasvrije energieneutrale gebouwen. Door het plaatsen van zonnepanelen moet het gebouw netto minder energie gaan gebruiken om aan de norm van  $\leq 60$  kWh/m<sup>2</sup> GO te kunnen voldoen.

In stedelijke gebieden zoals in de randstad is te weinig dakoppervlakte om aan deze norm te kunnen voldoen. "Dan hebben ze een plot van ongeveer 1.500 m<sup>2</sup> en gaan zeven etages de lucht in met een gebouw dat ze ENG willen maken, dat is kansloos. Je kan niet een ENG gebouw maken wat je wilt verwarmen en koelen met zo'n kleine oppervlakte, je hebt nog zoveel Energie nodig" (S7). De eerste stap zou dus moeten zijn schoolgebouwen ontwikkelen die voldoen aan de normen van Klasse B maar met minder installaties en daardoor minder energie verbruik.



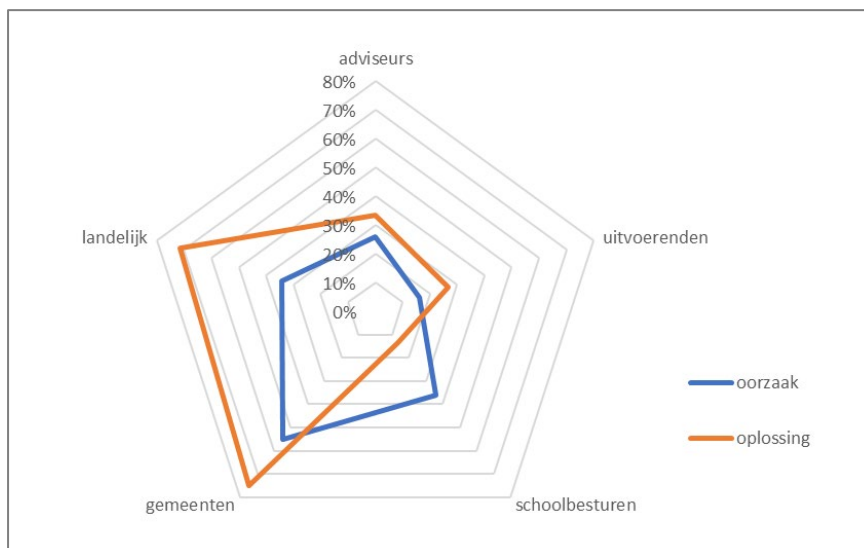
## 4.3 Financiering

Een van de onderdelen van de definitie is een betaalbaar schoolgebouw zowel bij nieuwbouw als exploitatie. Volgens de sectorraden is een schoolgebouw betaalbaar als de bekostiging vanuit het Rijk en de gemeenten past bij de investerings- en exploitatiekosten (2023).

### 4.3.1 Gescheiden budgetten bouw en onderhoud

De gemeenten zijn financieel verantwoordelijk voor de investeringen in de nieuwbouw en uitbreidingen van de schoolgebouwen, de schoolbesturen voor de exploitatie. Uit de interviews komt naar voren dat de financiën tweeënzestig keer worden genoemd als probleem voor het realiseren van de doelstelling en zesendertig keer als mogelijke oplossing. Hiermee is financiën volgens de respondenten een belangrijk onderdeel van de oorzaak van het niet halen van de doelstelling.

Met name te lage budgetten/normvergoedingen vanuit het Rijk, hoge bouwkosten en gescheiden budgetten bouw en beheer worden genoemd. Hierbij is er weinig verschil tussen de verschillende partijen. De lage budgetten vanuit het Rijk hangen samen met het gebrek aan integrale financiering vanuit het Rijk. Door gemeenten (G30 en G41) en een landelijke organisatie (L37) wordt aangegeven dat er op dit moment met subsidies zoals SUVIS en DUMAVA te incidenteel geld beschikbaar is voor het verbeteren van onderwijshuisvesting. Er zou een structurele verhoging moeten komen om de doelstelling te kunnen halen.



grafiek 8: overzicht uitslag interviews belang oorzaak en oplossing component financiën

De gescheiden budgetten bouw (gemeente) en beheer (schoolbestuur) komen ook terug in de component prestaties waar als oorzaak "alleen sturen op bouwbudget" als risico werd benoemd voor de prestaties van het schoolgebouw. Een mogelijke oplossing die door alle partijen wordt genoemd is het ontwerpen van gebouwen op basis van *life cycle costs* (LCC) of *total costs of ownership* (TCO).

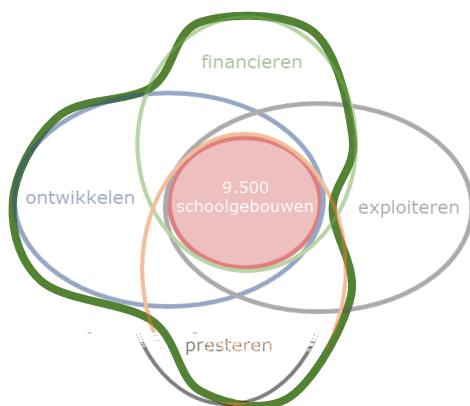
Beide begrippen worden gebruikt om aan te geven dat de totale kosten, de bouw- en de exploitatiekosten van het gebouw gedurende de levensduur in kaart moet worden gebracht om zo

meer inzicht te krijgen en een kosten efficiënt gebouw gedurende de totale levensduur te kunnen ontwerpen. Waarbij TCO de totale kosten van het gebouw in kaart brengt maar niet streeft naar optimalisatie van de kosten. "TCO is een inkooptool en -filosofie die gericht is op het begrijpen van de werkelijke kosten van het kopen van een bepaald goed of een bepaalde dienst van een bepaalde leverancier" (Ellram, 1995).

Bij LCC kan door verschillende opties van configuraties tussen de investeringskosten (bouwkosten) en de exploitatiekosten uit te werken de keuze voor de optimale levensduurkosten worden gemaakt (Woodward, 1997). "Vanuit ons perspectief is LCC de meest relevante kostenbeheersingsmethode" (Woodward, 1997, P. 336).

Door bijvoorbeeld een extra investering in de kwaliteit van de installaties kunnen de onderhoudskosten en het energieverbruik naar beneden gaan waardoor de LCC van het gebouw lager worden. Voorwaarde voor de LCC is dat de budgetten kunnen worden samengevoegd.

Een gemeente hanteert de TCO methode bij het ontwikkelen van nieuwe schoolgebouwen. Op basis van de TCO berekening draagt het schoolbestuur een deel van het onderhoudsbudget bij aan de stichtingskosten waardoor meer kan worden geïnvesteerd in de kwaliteit en een beter presterend gebouw wordt gerealiseerd (G29). Ook de gemeente Amsterdam hanteert bij het IPS project de TCO berekening. De eerste gebouwen zijn nog in ontwikkeling dus het resultaat kan nog niet worden beoordeeld. De resultaten van de ontwikkeling en beheer van schoolgebouwen met de LCC methode bij de stichting Maatschappelijk Vastgoed en Breedsaam zijn volgens de respondenten positief (R42 en R43).



figuur 2: LCC in relatie tot de componenten ontwikkelen, financiën en presteren

Twee landelijke partijen, een gemeente en een adviseur noemen als mogelijke oplossing voor betaalbaarheid het anders afschrijven en kijken naar de restwaarde van het schoolgebouw. Ook de Taskforce financiering (2023) neemt dit als optie mee in haar onderzoek. "Door bijvoorbeeld circulair te bouwen wordt restwaarde behouden, die ertoe leidt dat niet per se in veertig jaar naar nul afgeschreven hoeft te worden aangezien deze materiaalwaarde kan worden herwonnen en de materialen opnieuw kunnen worden ingezet. (Taskforce, 2023 P. 6).

Deze oplossing wordt ook in de wetenschappelijke literatuur genoemd (zie theoretisch kader P. 16). Hoewel dit door weinig partijen wordt aangedragen is dit een interessante optie om verder te onderzoeken.

Opvallend is dat extra budget vanuit het Rijk maar door twee gemeenten wordt genoemd als oplossing, waardoor het door gemeenten niet als belangrijkste oplossing voor het probleem

wordt gezien. Zij zien meer standaardiseren van bouwmethoden en processen als mogelijke oplossing.

Acht van de tien schoolbesturen geven aan dat de vergoeding van het Rijk voor de exploitatie van de schoolgebouwen te laag is. Twee schoolbesturen geven aan geen inzicht te hebben in de energie- en onderhoudskosten van hun schoolgebouwen. Ook de schoolbesturen geven als belangrijkste mogelijke oplossing meer standaardiseren van bouwmethoden en processen.

Dit is een belangrijk signaal vanuit de gemeenten en de schoolbesturen dat eerst de ontwikkelprocessen en de prestaties (kwaliteit) van de gebouwen verbeterd moet worden en daarna onderzocht moet worden welke financiële middelen daarbij horen. Dat laat onverlet dat deze middelen voldoende moeten zijn om de bouw- en exploitatiekosten te kunnen dekken.

#### 4.3.2 Stichtingskosten en kapitaallasten VO-scholen

Om objectief de betaalbaarheid van de realisatie en exploitatie van de schoolgebouwen te kunnen bepalen is, op basis van wetgeving en beleid voor onderwijshuisvesting van de Rijksoverheid en de gemeenten onderzocht of de middelen die beschikbaar worden gesteld door het Rijk toereikend zijn voor de opgave. Daarnaast is onderzocht of de normbedragen van de VNG, volgens de modelverordening voorzieningen huisvesting onderwijs (hierna verordening) die de gemeenten hanteren voor het onderwijshuisvestingsbeleid, voldoende zijn voor de (vervangende) nieuwbouw van scholen. Uitgangspunten hierbij zijn het duurzame schoolgebouw volgens de in dit onderzoek gehanteerde definitie en het huidige ontwikkelproces.

De gemeenten hebben een wettelijke zorgplicht voor de voorzieningen in de huisvesting van het funderend onderwijs op hun grondgebied. Dit houdt in dat de gemeente (vervangende) nieuwbouw, uitbreiding en renovatie van de schoolgebouwen bekostigt en hiervoor het benodigde investeringsbudget bepaalt en beschikbaar stelt aan het schoolbestuur.

De gemeenten krijgen hiervoor niet gelabeld geld van het Rijk in de algemene middelen. Niet gelabeld betekent dat gemeenten het geld, naast onderwijshuisvesting, ook aan andere doeleinden kunnen besteden zoals de oplopende kosten van de jeugdzorg.

In de meicirculaire van het Rijk staat expliciet "leerlingen VO" (Rijksoverheid, 2023). Voor het voortgezet onderwijs is dit op basis van 80% van het aantal leerlingen die naar het voortgezet onderwijs gaan in hun gemeenten. De 80% is de efficiëntiekorting die het Rijk bij de decentralisatie van onderwijshuisvesting in 1997 naar de gemeenten heeft doorgevoerd. In 2023 krijgen de gemeenten gemiddeld € 445, - per leerling in het voortgezet onderwijs voor de dekking van de kapitaallasten van de investeringen in onderwijshuisvesting van de gebouwen (PO-raad en Rijksoverheid, 2023).

De VNG (2020) stelt de modelverordening op, waarin de ruimtebehoefte en de normbedragen voor de investeringen in schoolgebouwen en gymvoorzieningen zijn opgenomen. De meeste gemeenten volgen de verordening met betrekking tot de ruimtebehoefte en normvergoeding voor het budget wat aan de schoolbesturen beschikbaar wordt gesteld voor uitbreiding en (vervangende) nieuwbouw.

Op basis van de verordening zijn de investeringskosten en de gemiddelde kapitaallasten per leerling berekend. De kapitaallasten zijn berekend op basis van veertig jaar lineaire afschrijving

naar nul en een rentepercentage van 2,5%. Dit is de methode waarop de meeste gemeenten onderwijshuisvesting afschrijven.

Verordening VNG	#LL	investering	gemiddelde kapitaal lasten	gemiddelde kapitaallast per leerling	totaal gemiddelde kapitaallast	bijdrage rijk per leerling	verschil bijdrage rijk en kapitaallast	verschil in %
sporthal		€ 4.541.808	€ 122.518	€ 111				
VO-school	500	€ 8.493.320	€ 229.113	€ 458	€ 570	€ 445	€ -125	-28%
VO-school	1.500	€ 21.199.200	€ 571.863	€ 381	€ 493	€ 445	€ -48	-11%

tabel 4: gemiddelde kapitaallast per leerling op basis van normvergoeding ten opzichte van bijdrage Rijk (bron: VNG en Rijk, 2023)

De berekening van de gemiddelde kapitaallast per leerling op basis van de verordening laat zien dat de kapitaallasten niet passen binnen de vergoeding van het Rijk. Elke VO-school met 500 leerlingen laat een tekort zien van 28%, elke school met 1.500 leerlingen 11%. Dit verschil wordt veroorzaakt door de wijze waarop ruimtebehoefte wordt berekend. Een kleine school heeft relatief meer oppervlakte per leerling dan een grotere school door het toepassen van een vaste voet bij het berekenen van de oppervlakte van het schoolgebouw.

In de onderstaande tabel zijn de normbedragen van de verordening en de kengetallen van de bouwkosten van een VO-school op basis van het PvE klasse B volgens igg bouweconomie opgenomen. Uit de vergelijking wordt duidelijk dat de normbedragen voor het voortgezet onderwijs 51% lager zijn dan de kengetallen van de bouwkosten volgens igg bouweconomie (VNG en igg bouweconomie, 2023).

	#LL	normbedrag verordening	igg bouw-economie	verschil in €	verschil in %
sporthal		€ 2.523	€ 3.807	€ -1.284	51%
VO-school	500	€ 2.189	€ 3.301	€ -1.112	51%
VO-school	1.500	€ 2.190	€ 3.301	€ -1.111	51%

tabel 5: normbedragen en kengetallen bouwkosten per m<sup>2</sup> BVO voortgezet onderwijs, (Bron: igg bouweconomie en VNG, 2023)

De normbedragen voor (vervangende) nieuwbouw op basis van de verordening is dus niet voldoende om een school te bouwen die voldoet aan de eisen. Indien de gemeenten budgetten beschikbaar stellen op basis van de kengetallen dan wordt de investering en daarmee de kapitaallasten voor de gemeenten beduidend hoger. De berekening van de gemiddelde kapitaallast per leerling op basis van de kengetallen laat daarom een jaarlijks tekort per leerling zien tussen de 67% en 93%.

igg bouweconomie	#LL	investering	gemiddelde kapitaal lasten	gemiddelde kapitaallast per leerling	totaal gemiddelde kapitaallast	verschil bijdrage rijk en kapitaallast	verschil bijdrage rijk en kapitaallast	verschil in %
sporthal		€ 6.852.729	€ 184.857	€ 168				
VO-school	500	€ 12.808.072	€ 345.507	€ 691	€ 859	€ 445	€ -414	-93%
VO-school	1.500	€ 31.954.158	€ 861.986	€ 575	€ 743	€ 445	€ -298	-67%

tabel 6: gemiddelde kapitaallast per leerling volgens igg bouweconomie ten opzichte van bijdrage Rijk (bron: igg bouweconomie en Rijk, 2023)

Uit de berekeningen kan worden geconcludeerd dat de middelen die het Rijk aan de gemeenten beschikbaar stelt niet voldoende zijn volgens de afschrijvingsmethode van de gemeenten. Volgens deze methode zijn de kapitaallasten van de nieuwbouw van scholen voor het voorgezet onderwijs op basis van de normbedragen en de kengetallen beduidend hoger dan de bijdrage van het Rijk.

Volgens de sectorale routekaart worden schoolgebouwen gemiddeld na negenenzestig jaar vervangen (VNG, PO-raad, VO-raad, 2020). De Rijksoverheid hanteerde bij de decentralisatie in 1997 een afschrijvingstermijn naar nul van zestig jaar op basis van de technische levensduur van een schoolgebouw.

	#LL	gemiddelde kapitaallast per leerling	totaal gemiddelde kapitaallast	verschil bijdrage rijk en kapitaallast	verschil in %
<b>Verordening</b>					
sporthal		€ 76			
VO-school	500	€ 313	€ 389	€ 445	13%
VO-school	1.500	€ 260	€ 336	€ 445	24%
<b>igg bouweconomie</b>					
sporthal		€ 115			
VO-school	500	€ 472	€ 587	€ 445	-32%
VO-school	1.500	€ 392	€ 507	€ 445	-14%

Tabel 7: gemiddelde kapitaallast per leerling, afschrijving in 60 jaar volgens igg bouweconomie ten opzichte van bijdrage Rijk (bron: igg bouweconomie en Rijk, 2023)

Bij een lineaire afschrijving van zestig jaar en een rentepercentage van 2,5% is er op basis van de normbedragen van de VNG voldoende budget. Volgens de igg kengetallen is er een tekort van 14 tot 32%. De afschrijving van zestig jaar laat geen financiële ruimte om tussentijds te investeren in het schoolgebouw voor bijvoorbeeld nieuwe onderwijsconcepten of om het gebouw en de installaties te renoveren. Zo moet na twintig jaar de complete klimaatinstallatie worden vervangen wat een substantiële investering is.

#### 4.3.3 Stichtingskosten en kapitaallasten PO-scholen

De uitkering voor leerlingen in het primair onderwijs is onder andere gebaseerd op het aantal kinderen in de basisschoolleeftijd dat in de gemeente woont. Naast het aantal kinderen wordt door de PO-raad deels posten als huishouden met een laag inkomen en minderheden aan het cluster onderwijs toegerekend. Hierdoor verschilt de bijdrage per leerling per gemeente.

De PO-raad (2021) geeft aan dat de berekening een handreiking is op grond waarvan de omvang van de uitkering voor onderwijshuisvesting redelijk kan worden benaderd. De posten en de hoogte van de bedragen die door de PO-raad worden toegerekend aan onderwijshuisvesting is een keuze van de PO-raad en staat daarmee open voor discussie.

Er is per provincie gekeken naar gemeenten van rond de honderdduizend inwoners of naar de grootste gemeente in een provincie anders dan de hoofdstad. De vier grote Nederlandse gemeenten zijn buiten beschouwing gelaten omdat deze extra middelen krijgen voor grote stedenproblematiek. Kleine gemeenten kunnen vanwege de spreidingsnoodzaak kleine scholen hebben, wat het gemiddelde beeld kan vertekenen.

Volgens de berekening van de PO-raad ligt de bandbreedte van de vergoeding per leerling tussen de € 466 en de € 576. De gemiddelde bijdrage voor onderwijshuisvesting is € 537 per

leerling. (PO-raad, 2023). In Nederland is de gemiddelde grootte van een basisschool 222 leerlingen, de modus is 215 leerlingen (DUO, 2023). Een school voor primair onderwijs met 215 leerlingen heeft volgens de verordening een bruto vloeroppervlakte (BVO) van 1.281m<sup>2</sup>. De leerlingen maken voor bewegingsonderwijs gebruik van eenderde deel van de capaciteit (tijd) van een gymlokaal.

In de onderstaande tabel zijn de normbedragen en kengetallen van igg bouweconomie per m<sup>2</sup> BVO opgenomen. De verschillen tussen de normbedragen en de kengetallen voor de schoolgebouwen van het primair onderwijs zijn 17%. Het verschil bij een gymlokaal is 46%.

	#LL	normbedrag verordening	igg bouweconomie	verschil in €	verschil in %
gymlokaal		€ 2.523	€ 3.676	€ -1.153	-46%
PO-school		€ 2.858	€ 3.334	€ -476	-17%

Tabel 8: normbedragen en kengetallen bouwkosten per m<sup>2</sup> BVO voortgezet onderwijs, (bron: igg bouweconomie en VNG, 2023)

Op basis van de normbedragen en de kengetallen zijn de gemiddelde kapitaallasten voor het schoolgebouw en het gymlokaal uitgerekend volgens de methode die gemeenten hanteren. Uit de berekeningen voor het primair onderwijs kan worden geconcludeerd dat de gemiddelde bijdrage van het Rijk voldoende is om de kapitaallasten op basis van de normbedragen en de kengetallen om de bouw van duurzame schoolgebouwen voor het primair onderwijs te bekostigen.

	investering	gemiddelde kapitaal lasten	gemiddelde kapitaallast per leerling	totaal gemiddelde kapitaallast	bijdrage rijk per leerling	verschil bijdrage rijk en kapitaallast	verschil in %
gymlokaal verordening	€ 1.513.936	€ 40.839	€ 43				
PO-school verordening	€ 3.661.959	€ 98.784	€ 459	€ 502	€ 537	€ 34	6%
gymlokaal Bouwkosten	€ 2.205.661	€ 59.499	€ 62				
PO-school Bouwkosten	€ 4.272.088	€ 101.175	€ 471	€ 533	€ 537	€ 4	1%

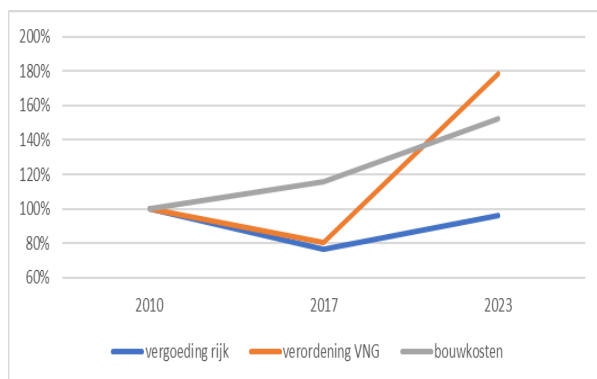
Tabel 9: gemiddelde kapitaallast per leerling volgens normbedrag VNG en Igg bouweconomie ten opzichte van bijdrage Rijk (bron: igg bouweconomie, VNG en Rijk, 2023).

#### 4.3.4 Vergoeding van het Rijk

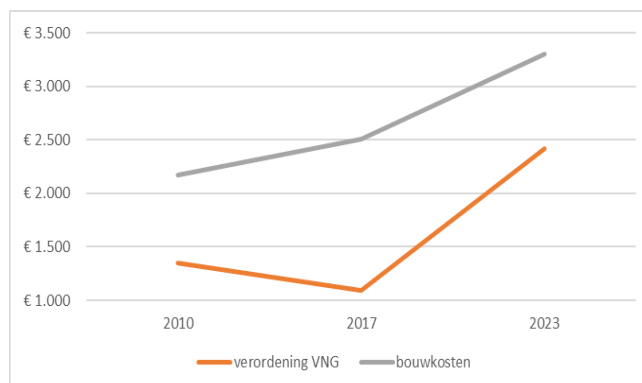
Sinds 2010 zijn de bouwkosten met 52% gestegen door inflatie en hogere kwaliteitseisen die aan de schoolgebouwen worden gesteld zoals aardgasvrij, energieneutraal en Frisse scholen B. Hoewel de normvergoeding in deze periode met 79% is gestegen, zijn deze voor het voortgezet onderwijs nog altijd beduidend lager dan de kengetallen van igg bouweconomie.

De vergoeding van het Rijk aan de gemeente voor onderwijshuisvesting voor het primair en voortgezet onderwijs is niet meegegaan in de ontwikkeling van de bouwkosten maar is 4% lager dan in 2010. Hierdoor is het grote verschil ontstaan tussen de vergoeding en de kengetallen bij het voortgezet onderwijs.

De analyse van de bijdrage van het Rijk ten opzichte van de normbedragen en de kengetallen is deels gebaseerd op de berekening van de PO-raad. Dit is geen objectieve norm. Om beter inzicht te krijgen in de bijdrage die het Rijk uitkeert aan gemeenten voor onderwijshuisvesting is het voor alle partijen verhelderend indien de bijdragen van het Rijk aan de gemeenten worden onderbouwd en gelabeld.



grafiek 9: ontwikkeling vergoeding, normbedragen en kengetallen bouwkosten (bron: igg bouweconomie, VNG en Rijk, 2023)



grafiek 10: ontwikkeling normvergoeding (bron: igg bouweconomie en VNG, 2023)

Taskforce financiering heeft in opdracht van de ministeries OCW en Binnenlandse zaken onderzocht of externe financiering een versnelling brengt in het verbeteren van onderwijshuisvesting (Taskforce, 2023). De conclusie is dat institutionele financiering mogelijk is maar geen versnelling oplevert. Ook zal externe financiering alleen de gebouwen niet betaalbaarder maken. De voorwaarden van de pensioenfondsen, een programmatische en integrale aanpak, bundeling van projecten en een gestandaardiseerde aanpak, kunnen mogelijk wel de versnelling en kostenbesparing brengen (Taskforce, 2023).

Uit de analyse van de getallen van de bijdragen van het Rijk aan de gemeenten, de verordening en de kengetallen van de bouwkosten, komt naar voren dat op basis van de huidige manier van ontwerpen en realiseren de gemeenten te weinig middelen krijgen van het Rijk om aan de opgave; *in 2050 alle schoolgebouwen duurzaam*, te voldoen. Met name bij het voortgezet onderwijs is een substantieel financieel tekort. "We zien dat het aantal schoolgebouwen wat in Nederland gebouwd wordt evenredig aan het zakken is met de stijging van de bouwpreizen" (L40).

Doordat de middelen niet zijn gelabeld bestaat de mogelijkheid dat de gemeenten de middelen aanwenden voor andere doeleinden waaronder het dekken van de oplopende kosten in de jeugdzorg. Dit vergroot de onzekerheid met betrekking tot de investeringsmogelijkheden van een gemeente en daarmee het behalen van de doelstelling. "Wat ik nu van onze wethouder begreep, is dat de vergoeding [voor onderwijshuisvesting] de komende jaren alleen nog maar naar beneden gaat, alles gaat zo ongeveer naar jeugdzorg. Ze snappen de problematiek, maar er is geen geld" (S28). In het IBO rapport (2022) staat dan ook de aanbeveling om de budgetten van de gemeenten voor onderwijshuisvesting [wel] te oormerken (labelen).

De bijdrage van het Rijk aan de gemeenten, de normbedragen van de VNG en de kengetallen van igg bouweconomie voor (vervangende) nieuwbouw van schoolgebouwen is op basis van een standaard schoolgebouw op bouwrijpe grond. Dit is grond op maaiveld niveau, vrij van obstakels, schoon en de nodige nutsvoorzieningen zijn aanwezig. De specifieke locatiegebonden extra kosten zijn niet meegenomen in de bedragen.

Zo zijn met deze vervangingsopgave de kosten voor de sloop van bestaande schoolgebouwen, het saneren van asbest en vervuilde grond, door bijvoorbeeld oude olietanks, niet meegenomen in de bedragen. Daarnaast nemen de beleidsregels van waterschappen en gemeenten met betrekking tot duurzaam bouwen zoals klimaatadaptief, circulair en natuurinclusief toe. Ook deze kostenverhogende factoren zijn niet meegenomen in de bedragen.

Door deze factoren neemt de betaalbaarheid voor (vervangende) nieuwbouw voor de gemeente (nog) verder af. "Als gemeenten op basis van het investeringsniveau van de afgelopen jaren verder gaan met het verduurzamen van de maatschappelijk vastgoedportefeuille door nieuwbouw en renovatie ligt in een periode van 30 jaar (in 2050) een CO<sub>2</sub>-reductie van 67% binnen bereik" (VNG, 2020, P. 14).

Anders geformuleerd: met de huidige financiële middelen is in 2050 niet al het maatschappelijk vastgoed, waaronder onderwijshuisvesting, duurzaam. Dit is aanleiding om twee aspecten van de duurzame schoolgebouwen nader te onderzoeken. Het eerste aspect is bij de paragraaf kwaliteit benoemd. Onderzoeken of passieve installatie-arme gebouwen ontwikkeld kunnen worden die voldoen aan Klasse B. Door minder installaties toe te passen zouden de bouw- en exploitatiekosten lager moeten worden.

Het tweede aspect is de wijze van afschrijven. Zoals in het theoretisch kader omschreven zou onderzocht kunnen worden of de gebouwen financieel lineair naar "nul" afgeschreven moeten worden. Of zijn andere afschrijvings- en waarderingmethoden financieel aantrekkelijker. Wat duidelijk is geworden is dat de huidige systematiek met betrekking tot nieuwbouw financieel niet houdbaar is. Hiermee is het antwoord op het eerste deel van deelvraag drie, de financiële middelen van het Rijk zijn onvoldoende voor de nieuwbouw en daarmee de duurzame schoolgebouwen voor de gemeenten niet betaalbaar.

#### 4.3.4 Exploitatiekosten

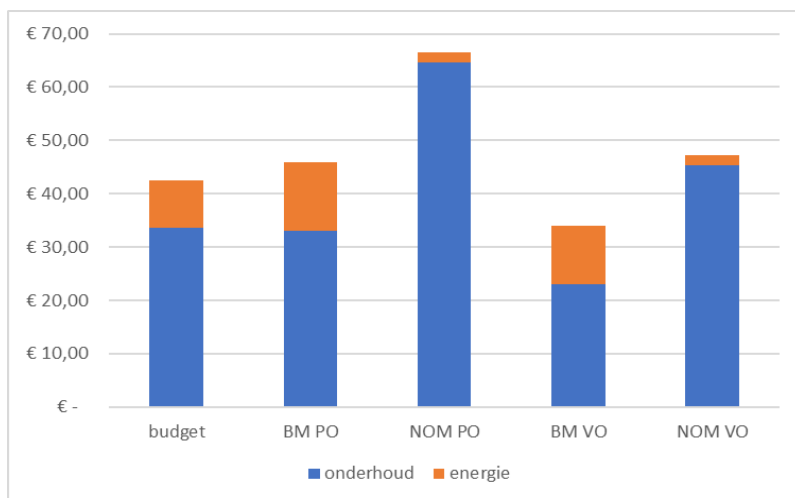
Na realisatie van het schoolgebouw draagt de gemeente het juridisch eigendom van het gebouw over aan het schoolbestuur. De schoolbesturen zijn verantwoordelijk voor de exploitatie van het gebouw, waaronder al het onderhoud en de energielasten. Hiervoor krijgen de schoolbesturen volgens de wet op het primair (Wpo) en voortgezet onderwijs (Wvo) middelen van het Rijk. Acht van de tien schoolbesturen geven aan dat de exploitatiekosten niet in de vergoeding van het Rijk passen. Twee schoolbesturen geven aan niet te weten hoe hoog de exploitatiekosten zijn.

Tot 2023 kregen schoolbesturen voor het basisonderwijs volgens het Lomodel, € 8,95/m<sup>2</sup> bruto vloeroppervlakte (BVO) voor energie en € 33,54/m<sup>2</sup> BVO voor onderhoud gebouw en installaties, in totaal € 42,49/m<sup>2</sup> BVO (PO-raad, 2022). Deze bijdrage is niet afgestemd op het type schoolgebouw. Zo zal een schoolgebouw van voor 1940 meer onderhoud vergen dan een schoolgebouw van na 2000.

Clemens, Slits en Bulten (2021) hebben een benchmark opgesteld van de exploitatielasten van schoolgebouwen met aardgas van 2016 en ouder. De exploitatiekosten bestaan uit het energieverbruik en de onderhoudskosten op basis van de meer jaren onderhoudsplannen. De benchmark geeft een gemiddeld bedrag aan exploitatielasten voor een schoolgebouw in primair onderwijs van € 33,-/m<sup>2</sup> BVO aan onderhoud en € 13,-aan energie.

In het voortgezet onderwijs liggen de gemiddelde onderhoudskosten op € 23,- per m<sup>2</sup> BVO en de energielasten op € 11,-/m<sup>2</sup> BVO; in totaal € 34,-/m<sup>2</sup> BVO. De bandbreedte van de exploitatielasten van schoolgebouwen ligt tussen de € 50,- en de € 36,-/m<sup>2</sup> BVO afhankelijk van de leeftijd en type gebouw.





Grafiek 11: budget volgens Londo (2022), benchmark kengetallen exploitatiekosten duurzaam schoolgebouw (bron: PO-raad, 2022, ICS adviseurs, 2021 en igg bouweconomie, 2023)

Op basis van deze kengetallen kan worden geconcludeerd dat een groter gebouw relatief goedkoper is in exploitatie. Dit komt overeen met de conclusie uit de benchmark van Clemens, et al. (2021). De besparing op de energiekosten lijkt op basis van de kengetallen niet voldoende te zijn om de extra onderhoudskosten te dekken. Met name de vervanging van de klimaatinstallaties en de zonnepanelen na twintig en na veertig jaar zorgen voor hoge onderhoudskosten per m<sup>2</sup> BVO per jaar.

Doordat er geen schotten staan tussen de budgetten is niet objectief vast te stellen of de exploitatie een nieuw schoolgebouw betaalbaar is vanuit de bijdrage van het Rijk. Hooguit kan worden vastgesteld dat de exploitatiekosten van een duurzaam schoolgebouw op basis van de kengetallen beduidend hoger liggen dan een traditioneel schoolgebouw verwarmd met aardgas en dat de besparing op de energiekosten niet voldoende lijken te zijn om de extra onderhoudskosten te dekken. Het antwoord op het tweede deel van deelvraag drie is dat de exploitatie van duurzame schoolgebouwen niet in de vergoeding van het Rijk passen en daardoor niet betaalbaar zijn.

#### 4.3.5 Betaalbaarheid

Uit het theoretisch kader komt naar voren dat niet objectief is vast te stellen wat voldoende financiële middelen zijn voor de stichtings- en exploitatiekosten van duurzame schoolgebouwen. Deze kosten zijn sterk afhankelijk van de componenten ontwikkelen en presteren.

Uit het onderzoek is wel duidelijk geworden dat het antwoord op deelvraag drie is dat voor de huidige systematiek onvoldoende middelen voor bouw en exploitatie beschikbaar zijn vanuit het Rijk. Daar staat tegenover dat meer geld niet automatisch betekent dat de gebouwen beter worden "Je pompt een bom duiten in de markt en je drijft dan onwijs de prijzen op. Het is daardoor niet kosteneffectiever geworden, dus het is eigenlijk kapitaalverspilling, je krijgt geen betere gebouwen" (L27).



figuur 3: model LCC relatie financiën, ontwikkelen en presteren

Ook wordt uit het onderzoek duidelijk dat er mogelijkheden zijn voor een andere systematiek zoals het ontwerpen van passieve gebouwen met minder installaties en de LCC benadering. De LCC benadering wordt ook genoemd door de pensioenfondsen in het onderzoek van de Taskforce (2023) en IBO (2022). Daarnaast adviseert het IBO om een koppeling te maken tussen de eisen, (bouw)kosten en de beschikbare budgetten (2022).

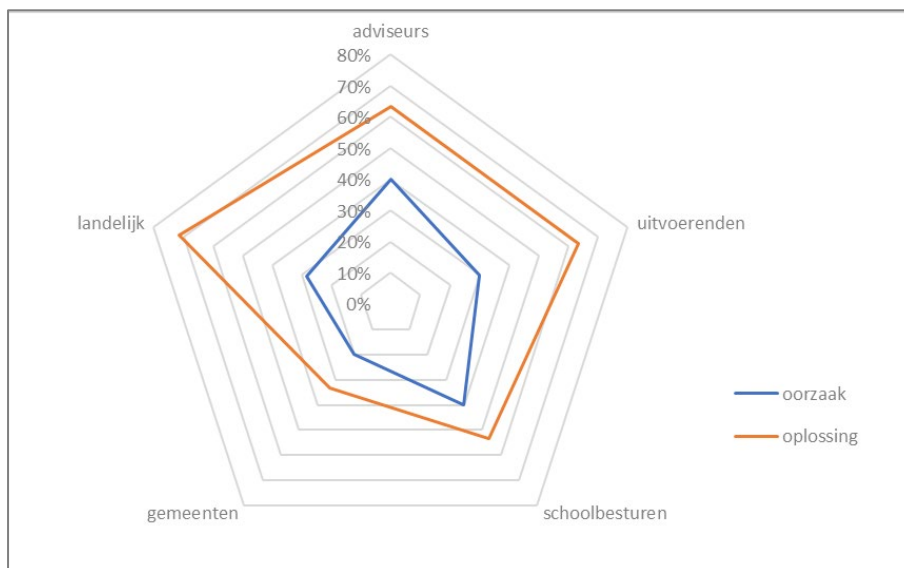
Niet alleen vanuit betaalbaarheid maar ook vanuit efficiëntie is het goed om deze opties nader te onderzoeken. En wellicht zijn er meer mogelijkheden om de schoolgebouwen betaalbaarder te maken en beter te laten presteren zoals de wijze waarop het eigendom, beheer en onderhoud is georganiseerd.

#### 4.4 Exploiteren

Uit de interviews komt naar voren dat de wijze waarop schoolgebouwen worden geëxploiteerd door met name de adviseurs en de schoolbesturen worden genoemd als oorzaak voor het slecht presteren van de gebouwen. De oorzaken die worden genoemd zijn; niet duurzaam gebruik van de gebouwen, het beheer en onderhoud gebeurt niet goed en de installaties zijn ingewikkeld waarvoor te weinig kennis is binnen de schoolbesturen.

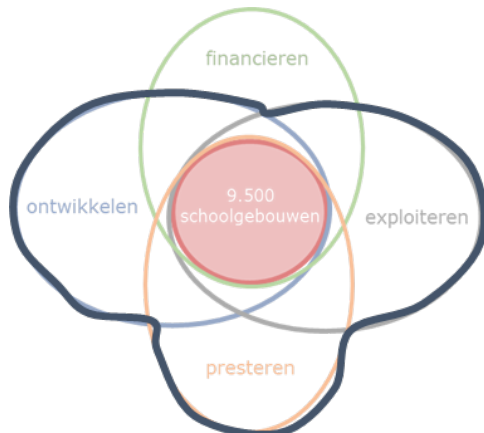
Zoals in de paragraaf Presteren is aangegeven, is er na de garantietermijn van twee jaar geen zicht meer op het presteren van de installaties. De schoolbesturen geven aan te weinig kennis te hebben van de installaties om te beoordelen of de installaties goed presteren. "Ik moet whizzkids van een totaal andere planeet hebben die dit kunnen regelen [beheer installaties] ik krijg nog geen facilitaire conciërges in dienst, laat staan zulke whizzkids" (S24).

De installaties worden ook niet actief gemonitord door de schoolbesturen, zie tabel 3. Voor het beter laten presteren van de gebouwen wordt als oplossing genoemd; actief monitoren van de installaties, beter beheer en onderhoud en verantwoordelijkheid voor bouw en exploitatie bij een partij leggen. Het monitoren, het beter onderhouden en beheren van de installaties zal door een professionele partij moeten worden uitgevoerd. De schoolbesturen hebben hiervoor te weinig kennis en ervaring.



grafiek 12: overzicht uitslag interviews belang oorzaak en oplossing component exploiteren

De in het theoretisch kader omschreven publiek private samenwerking, waaronder DBM en DBFM biedt de mogelijkheid om de bouw en de exploitatie van het gebouw bij een (markt)partij te leggen. De systematiek sluit aan bij het ontwikkelen van een gebouw op basis van LCC. De marktpartij zal, indien hij een langere periode verantwoordelijk is voor het presteren van het gebouw, de afweging maken tussen investerings- en exploitatiekosten.



figuur 4: DBM in relatie tot drie van de vier componenten

Bovenstaand figuur laat de componenten zien die onderdeel zijn van de DBM methode. Hun onderlinge relatie en beïnvloeding bepaalt de uiteindelijke resultaten van het schoolgebouw.

Een gemeente heeft recent twee schoolgebouwen gerealiseerd volgens de DBM methode (A34). Een andere gemeente gaat op korte termijn de ontwikkeling van drie basisscholen volgens de DBM methode in de markt zetten (G30). Vanuit het theoretisch kader komt naar voren dat DBM interessant kan zijn voor het ontwikkelen en exploiteren van de schoolgebouwen. Uit het onderzoek van Bol (2022) in opdracht van Ruimte-OK naar ervaringen met PPS constructies komt naar voren dat "de opgehaalde ervaringen laten zien dat Publiek-Private Samenwerking kan helpen om op een gestructureerde wijze bij te dragen aan het oplossen van de grote maatschappelijke opgave(n) op het gebied van het maatschappelijk vastgoed" (Bol, 2022, P. 8).

In de gemeente Delft is een marktconsultatie gehouden met de vraag of marktpartijen geïnteresseerd zijn om meerdere schoolgebouwen te leveren als een service (DBFM) voor een periode van dertig jaar. Op de uitvraag hebben acht uitvoerende partijen gereageerd. De conclusie van de consultatie is dat de partijen geïnteresseerd zijn in een langdurige samenwerking (Van Hal en Speksnijder, 2022).

De opgave wordt door de marktpartijen interessant gevonden door de omvang en de duur van het contract. Dit biedt volgens de partijen mogelijkheden tot schaalvoordeel, voor standaardisering en innovatie. "Door de langdurige samenwerking met dezelfde partijen kan binnen het team beter gebruik worden gemaakt van de kennis van de marktpartijen en wordt binnen het team kennis en ervaring opgedaan" (Van Hal en Speksnijder, 2022, P. 3). De uitkomst van de marktconsultatie van de gemeente Delft komt overeen met de gesprekken die zijn gevoerd met de uitvoerende partijen (U8, U5, U8, U18 en U20) in dit onderzoek.

Invest-NL heeft in 2023 onderzoek gedaan naar organisatievormen voor optimale samenwerking in onderwijshuisvesting. De uitkomst van dit onderzoek is dat een coöperatie uiterst geschikt kan zijn voor langdurige samenwerkingen (invest-NL, 2023). In Breda en Alkmaar zijn vastgoedorganisaties Breedsaam en stichting Maatschappelijk Vastgoed opgericht die verantwoordelijk zijn voor de onderwijshuisvesting en het huisvestingsplan. Zij zijn eigenaren van de gebouwen en verantwoordelijk voor het onderhoud.

Uit het gesprek met de bestuurder van stichting Maatschappelijk Vastgoed komt naar voren dat zij in staat zijn om een duurzaam schoolgebouw te ontwikkelen en exploiteren wat voldoet aan eisen. De stichtingskosten zijn hoger dan de VNG norm, maar de exploitatiekosten vallen binnen de normvergoeding van het Rijk. "Dat is eigenlijk het verhaal wat we steeds op allerlei bijeenkomsten houden, dat het niet zo heel erg ingewikkeld is, als je het eenmaal gevonden hebt, wees trouw aan je concept en repeteer iedere keer je gebouwconcept" (Van der Veen, R42).

Breedsaam in Breda is een vereniging van elf schoolbesturen in het primair en speciaal onderwijs die als vastgoedbedrijf de schoolgebouwen beheert en exploiteert. Breedsaam stelt het vastgoedplan voor het verduurzamen van de schoolgebouwen op en voert dit samen met al het onderhoud uit. Door het bundelen van de zeventig schoolgebouwen kan op een professionele en efficiënte(re) manier het vastgoed ontwikkeld, beheert en geëxploiteerd worden (Broekhuizen, R43).

Vanuit het veldonderzoek kan worden geconcludeerd dat de schoolbesturen te weinig expertise hebben in beheer en gebruik. Dus in antwoord op deelvraag vier, de huidige wijze van eigendom, beheer en gebruik van de schoolgebouwen kan efficiënter en doelmatiger door het bij professionele vastgoedpartijen te beleggen. Dit bekrachtigt de conclusie uit het theoretisch kader.

Gezien de problematiek die in het onderzoek bij het beheer van duurzame schoolgebouwen naar voren komt geeft dit en deze twee voorbeelden voldoende aanleiding om verschillende vormen van het ontwikkelen en beheren van schoolgebouwen te onderzoeken. Zowel het theoretisch kader als de ervaringen geven hier voldoende handvatten voor.

## 5. Conclusie en aanbevelingen

### 5.1 conclusie

De onderzoeksvraag is of de huidige systematiek van onderwijshuisvesting; het ontwerpen, bouwen, financieren en beheren van schoolgebouwen, een goede basis is voor de realisatie van de doelstelling *dat alle schoolgebouwen in 2050 betaalbare, energiezuinige gebouwen zijn met een gezond binnenklimaat.*

De onderliggende vragen zijn;

1. Hoe functioneert het ontwikkelproces in de praktijk en levert dit tijdig voldoende schoolgebouwen op?
2. Is het PvE een goed uitgangspunt voor een energiezuinig gebouw met een gezond binnenklimaat? Levert dit de beoogde prestaties op met betrekking tot energieverbruik en CO<sub>2</sub> uitstoot?
3. Hoe wordt onderwijshuisvesting gefinancierd en is dit voldoende voor een betaalbaar schoolgebouw bij de bouw en exploitatie?
4. Is de huidige wijze van eigendom, beheer en gebruik van de schoolgebouwen efficiënt en doelmatig?
5. welke aanbevelingen kunnen er worden gedaan om de doelstelling te kunnen halen?

De conclusie uit het theoretisch, het veld- en bureauonderzoek is dat de opgave, in 2050 zijn alle schoolgebouwen duurzaam volgens de definitie van de sectorraden en de VNG, niet wordt gehaald. De oorzaak ligt in de wijze waarop het onderwijshuisvestingssysteem is ingericht (deelvraag een). De traditionele projectmanagement methode die voor het bouwen van scholen wordt gebruikt komt niet overeen met het systeem waarin ze opereren. Hierdoor is er sprake van systeemfalen.

Met betrekking tot het presteren van de schoolgebouwen kan er op dit moment maar aan één eis van de definitie, een gezond binnenklimaat, worden voldaan. De literatuur toont aan dat de eisen van het PvE voldoende zijn voor een gezond schoolgebouw. De steekproef toont aan dat de techniek aanwezig is om een gezond schoolgebouw te kunnen maken (eerste deel deelvraag twee).

Voor de overige eisen van de definitie geldt dat er niet aan wordt voldaan (deelvraag drie, investerings- en exploitatiekosten) of dat er geen zicht op is of deze eisen worden gehaald (deelvragen twee: binnenklimaat, energieverbruik en CO<sub>2</sub> uitstoot). Doordat de schoolbesturen geen inzicht hebben op de prestaties van het binnenklimaat en het energieverbruik kan er dus niet worden vastgesteld of er sprake is van een prestatiekloof en kan deelvraag drie niet worden beantwoord. Om hierin inzicht te krijgen zal verder onderzoek moeten worden gedaan.

De algemene opinie is dat het tempo van de realisatie van de schoolgebouwen moet worden versneld van 1% naar 3,5% per jaar. Het huidige ontwikkelproces functioneert niet goed waardoor er onvoldoende schoolgebouwen worden opgeleverd om de doelstelling te kunnen halen (deelvraag een). Dit bekrachtigt de conclusie vanuit het theoretisch kader.

Door de adviseurs, schoolbesturen, uitvoerenden en gemeenten worden in totaal zestien verschillende oorzaken en zeventien verschillende oplossingen aangedragen. Iedere partij noemt de oorzaken en oplossingen vanuit zijn of haar eigen expertise en verantwoordelijkheid. Dat

verklaart de verscheidenheid van items. Geen van deze partijen overziet de totale problematiek. Zij komen daarom ook met deelloorzaken en deeloplossingen zoals het bouwen van prototypes en sturen op bouwkosten als oorzaken en meer standaardisatie en ontwerpen op basis van TCO of LCC als oplossingen.

De landelijke partijen hebben een beter overzicht maar ook geen totaal beeld van de problematiek. Er zijn diverse initiatieven om het proces te versnellen en de kwaliteit te verbeteren van zowel het ontwikkelproces als het beheer van het gebouw om de doelstelling te kunnen halen. De initiatieven laten zien dat er bij de landelijke partijen een besef van urgentie is.

De rapporten die worden opgesteld in opdracht van OCW, Ruimte-OK en Invest-NL laten ook (een combinatie van) deeloplossingen zien voor de problemen. Zo is een van de conclusies dat er bij gemeenten en schoolbesturen te weinig kennis en expertise is voor het ontwikkelen en beheren van schoolgebouwen. Dit geeft antwoord op deelvraag vier, er zijn andere efficiëntere en doelmatigere vormen voor ontwikkeling en beheer waaronder PPS constructies en maatschappelijke vastgoedorganisaties.

Alle partijen zien het probleem als een verbeterprobleem waarbij gezocht wordt naar de verbetering van een of twee componenten. Dit is vergelijkbaar met de ontwikkeling van de elektrische auto door de traditionele auto-industrie. Zij zagen de ontwikkeling van de elektrische auto als een verbeterprobleem en verving een dieselmotor voor een elektromotor. Deze auto's presteerden slecht op het gebied van actieradius en dus mobiliteit.

Tesla ontwikkelde de elektrische auto vanaf het nulpunt en nam als uitgangspunt mobiliteit. Tesla ontwikkelde niet alleen een auto met een grote actieradius, maar ook een netwerk van laadpunten en een navigatiesysteem die de reiziger van laadpunt naar laadpunt in Europa brengt. Hiermee wordt door Tesla invulling gegeven aan het belangrijkste aspect van een auto, mobiliteit.

In het theoretisch kader is duidelijk geworden dat een duurzaam schoolgebouw vanuit de relatie tussen de vier levenscyclusfasen en de facetten van de definitie onderverdeeld kan worden in vier componenten; ontwikkelen, presteren, financieren en exploiteren. Deze componenten hebben geen stabiele onderlinge relatie, ze overlappen en beïnvloeden elkaar.

Naast de vier componenten zijn er vijf partijen betrokken bij het onderwijshuisvestingssysteem. Door deze combinatie zijn er veel en nauwelijks reduceerbare onzekere factoren met een verscheidenheid aan actoren met uiteenlopende belangen. Dit maakt het probleem volgens Rotmans en Loorbach (2009) complex.

Een complex probleem is niet op te lossen door aan twee of drie knoppen van de componenten te draaien zoals meer geld, standaardisering en monitoring zoals bij een verbeterprobleem. Zo is een belangrijk signaal wat uit het onderzoek naar voren komt, dat meer geld het probleem niet oplost maar waarschijnlijk de markt zal verstoren.

Een complex probleem vraagt om een herstructurering van een maatschappelijk (onderwijshuisvesting) systeem. Zoals in het IBO rapport (2022) aangegeven is het systeem te veel afhankelijk van toevalligheden en heeft dit er voor gezorgd dat er een verouderde voorraad schoolgebouwen is die leerprestaties negatief beïnvloedt en lang niet altijd aan de wettelijke eisen voldoet.

Het onderzoek heeft uitgewezen dat de huidige wijze waarop het onderwijshuisvestingssysteem is ingericht de doelstelling niet kan worden bereikt. Het onderwijshuisvestingssysteem zal een transitie moeten doormaken waarbij zowel het schoolgebouw als het systeem opnieuw moeten worden ontwikkeld en ingericht om de doelstelling te kunnen halen.

## 5.2 Aanbevelingen

Een methode voor het ontwikkelen van een nieuw systeem van onderwijshuisvesting kan de benadering van de transitietheorie van Dirven et al. (2002) zijn. Hierbij wordt in transitiearena's (vernieuwingsnetwerken) door alle actoren/stakeholders, waaronder overheden, bedrijven, maatschappelijke organisaties en kennisinstellingen met theoretische- en ervaringskennis, een werkwijze ontwikkeld voor de inhoudelijke en procesmatige aanpak van transities. Door al-doende-leren en al-lerende-doen moet het transitieproces tot stand komen. (Dirven et al., 2002).

De eerste stap is dat de eisen voor een goed duurzaam schoolgebouw met de betrokken partijen worden opgesteld en vastgelegd in de wet. De huidige eisen zijn niet compleet, zo ontbreekt circulariteit en klimaatadaptief en zijn deels vrijblijvend en afhankelijk van lokale bestuurders.

Daarnaast moet onderzoek worden gedaan naar passieve installatie-arme gebouwen zodat de schoolgebouwen minder energie gebruiken en betaalbaar worden/blijven. Vergelijkbaar met Tesla: begin met het ontwerp van een schoolgebouw met een leeg vel papier. Het opzetten van pilots zoals voorgesteld in Innovatieprogramma Onderwijshuisvesting (2023) kan hierbij meer inzicht geven.

De volgende stap is met elkaar bepalen wie de scholen bouwt, beheert en wie eigenaar is van deze gebouwen. De eisen van de pensioenfondsen, zet professionele vastgoedorganisaties op en standaardiseer het proces en het product biedt goede aanknopingspunten. Ontwikkelen en beheren van vastgoed is geen kerntaak van gemeente noch schoolbesturen. Er zijn wellicht andere samenwerkingsvormen die betere resultaten kunnen opleveren. Door regionalisering en/of werken met professionele vastgoedorganisaties kan het aantal financiers en opdrachtgevers worden teruggebracht waardoor de opgave wat minder complex wordt.

Op dit moment is niet duidelijk wie verantwoordelijk is voor de opgave, het Rijk, de 342 gemeenten of de 1.365 schoolbesturen. Om een transitie te kunnen laten slagen moet één partij het voortouw nemen en de transitie faciliteren en de transitiearena's organiseren. Hierbij is voor de overheid, OCW, een belangrijke rol weggelegd.

## 6. Literatuur

- Algemene Rekenkamer. (2016). Schoolgebouwen primair en voortgezet onderwijs: de praktijk gecheckt. In <https://www.rekenkamer.nl/> Geraadpleegd op 27 maart 2023, van <https://www.rekenkamer.nl/publicaties/rapporten/2016/02/04/schoolgebouwen-primair-en-voortgezet-onderwijs-de-praktijk-gecheckt>
- Amsterdam viert teugels bij aanbesteding scholen: Nieuwe manier van samenwerken is tijdrovend, maar ook bouwers zijn er blij mee. (2023, 10 augustus). *Cobouw*, 10–11.
- Andersson, Elffers en Felix. (2023). *Innovatieprogramma Onderwijshuisvesting: Groiefondsaanvraag*.
- Andrew, A., & Pitt, M. (2006). Property depreciation in government. *Journal of Property Investment & Finance*. <https://doi.org/10.1108/14635780610659955>
- Bakó-Biró, Zs., Kochbar, N., Clements-Croome, D. J., Awbi, H. B. & Williams, M. (2007). Ventilation Rates in Schools and Learning Performance. *Conference: Proceedings of CLIMA 2007 - WellBeing Indoors, The 9th REHVA World Congress*. [https://www.researchgate.net/publication/242261403\\_Ventilation\\_Rates\\_in\\_Schools\\_and\\_Learning\\_Performance](https://www.researchgate.net/publication/242261403_Ventilation_Rates_in_Schools_and_Learning_Performance)
- Bakó-Biró, Z., Clements-Croome, D., Kochhar, N., Awbi, H. B., & Williams, M. (2012). Ventilation rates in schools and pupils' performance. *Building and Environment*, 48, 215–223. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.08.018>
- Bartlett, K. H., Kennedy, S. M., Brauer, M., van Netten, C., & Dill, B. (2004). Evaluation and Determinants of Airborne Bacterial Concentrations in School Classrooms. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 1(10), 639–647. <https://doi.org/10.1080/15459620490497744>
- Basisbekostiging - Voortgezet onderwijs - DUO Zakelijk*. (z.d.). duo.nl. <https://duo.nl/zakelijk/voortgezet-onderwijs/bekostiging-en-subsidies/basisbekostiging/bba-binnenklimaat>, BenR, & Building Vision. (2021). *Programma van eisen frisse scholen 2021: In opdracht van het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties*. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.
- Begrotingsmodellen 2023*. (z.d.). PO-Raad. <https://www.poraad.nl/begrotingsmodellen-2023>
- Bekostiging basisonderwijs - DUO Zakelijk*. (z.d.). duo.nl. <https://duo.nl/zakelijk/primair-onderwijs/bekostiging-en-subsidies/bekostiging-basisonderwijs/>
- Berekening van de standaard CO2-emissiefactor aardgas t.b.v. nationale monitoring 2020 en emissiehandel 2020. (2019). In [https://www.rvo.nl/sites/default/files/2020/05/vaststelling-standaard-co2-ef-aardgas-jaar-nationale-monitoring-2020-en-ets-2020-def\\_0.pdf](https://www.rvo.nl/sites/default/files/2020/05/vaststelling-standaard-co2-ef-aardgas-jaar-nationale-monitoring-2020-en-ets-2020-def_0.pdf). Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. Geraadpleegd op 15 april 2023, van <https://www.rvo.nl/>.
- Bickman, L., & Rog, D. J. (2009). *The SAGE Handbook of Applied Social Research Methods*. In SAGE Publications, Inc. eBooks. SAGE Publishing. <https://doi.org/10.4135/9781483348858>
- BouwkostenKompas | Breakdown*. (z.d.). <https://www.bouwkostenkompas.nl/nl/afbreken?TypeId=40001&tableName=UtilityUni&cfTitle=Onderwijsfunctie&dTitle=Basisschool&province=10&municipality=246&city=439&figure=BVO&Qual=High>



*BouwkostenKompas | Breakdown.* (z.d.-b).

<https://www.bouwkostenkompas.nl/nl/afbreken?TypeId=40006&tableName=UtilityUni&cfTitle=Onderwijsfunctie&dTitle=Voortgezet%20onderwijs%20%28tot%20zes%20lagen%29&province=10&municipality=246&city=439&figure=BVO&Qual=High>

*Bouwkosten.* (z.d.). <https://www.exploitatiewijzer.nl/Exploitatie/Projects.aspx>

Bogdanovica, S., Zemitis, J. & Bogdanovics, R. (2020). The Effect of CO2 Concentration on Children's Well-Being during the Process of Learning. *Energies*, 13(22), 6099.

<https://doi.org/10.3390/en13226099>

Bokhari, S., & Geltner, D. (2016). Characteristics of depreciation in commercial and multifamily property: An Investment perspective. *Real Estate Economics*, 46(4), 745–782.

<https://doi.org/10.1111/1540-6229.12156>

Bol, N. (2022). *Kansen voor Publiek-Private Samenwerking bij maatschappelijk vastgoed*. Ruimte OK.

Brand, S. (1997). *How buildings Learn: What happens after they're built*.

<http://ci.nii.ac.jp/ncid/BA23638003>

Brink, H. W., Loomans, M. G., Mobach, M. P., & Kort, H. (2021). Classrooms' indoor environmental conditions affecting the academic achievement of students and teachers in higher education: A systematic literature review. *Indoor Air*, 31(2), 405–425.

<https://doi.org/10.1111/ina.12745>

Bryman, A. (2012). *Social Research Methods*. Oxford University Press.

*CBS Statline.* (z.d.).

<https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/83374NED/table?ts=1678129784181>

Centraal Bureau voor de Statistiek. (2022, 31 januari). *Rendementen en CO2-emissie van elektriciteitsproductie in Nederland, update 2020*. <https://www.cbs.nl/nl-nl/achtergrond/2022/05/rendementen-en-co2-emissie-van-elektriciteitsproductie-in-nederland-update-2020>

Clemens, L., Slits, M., & Bulten, T. (2021, januari). *Exploitatielasten beter in beeld*.

<https://www.icsadviseurs.nl/uploads/2021/01>. Geraadpleegd op 11 maart 2023, van <https://www.icsadviseurs.nl>

Committing to the cost of ownership. (1990b). In National Academies Press eBooks.

<https://doi.org/10.17226/9807> De Kam, G., & Deuten, J. (2006). MAATSCHAPPELIJK RENDEMENT VAN VASTGOED. *Real Estate*, 46, 15–19.

De Wilde, P. (2014). The gap between predicted and measured energy performance of buildings: A framework for investigation. *Automation in Construction*, 41, 40–49.

<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.02.009>

Deng, S., Zou, B., & Lau, J. (2021). The Adverse Associations of Classrooms' Indoor Air Quality and Thermal Comfort Conditions on Students' Illness Related Absenteeism between Heating and Non-Heating Seasons—A Pilot Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4), 1500. <https://doi.org/10.3390/ijerph18041500>

*Samenleving in transitie: Een vernieuwend*

*gezichtspunt*

*DUO - Open onderwijsdata.* (2022, 23 november). duo.nl. [https://duo.nl/open\\_onderwijsdata/](https://duo.nl/open_onderwijsdata/)

- Durairaj, S. K. (2002). Evaluation of life cycle cost analysis methodologies. *Corporate Environmental Strategy*, 9(1), 30–39. [https://doi.org/10.1016/s1066-7938\(01\)00141-5](https://doi.org/10.1016/s1066-7938(01)00141-5)
- Elkhuizen, P. A., Scholten, J. E., Rooijakkers, E. G., De Knecht, J., & Deutz, L. (2005). *Kwaliteitsborging van installaties Evaluatie van bestaande instrumenten en een visie voor de toekomst* (Nr. 2005-BBE-R040-A). TNO Bouw en Ondergrond.
- International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 25 *Energieverbruik per functie voor SenterNovem - PDF Gratis download.* (z.d.). <http://docplayer.nl/18150687-Energieverbruik-per-functie-voor-senternovem.html>
- Energieprestatie indicatoren - BENG.* (z.d.). RVO.nl. <https://www.rvo.nl/onderwerpen/wetten-en-regels-gebouwen/beng/indicatoren>
- Fisk, W. J. (2017). The ventilation problem in schools: literature review. *Indoor Air*, 27(6), 1039–1051. <https://doi.org/10.1111/ina.12403>
- Fisk, W. J., Wargocki, P., & Zhang, X. (2019). Do Indoor CO2 Levels Directly Affect Perceived Air Quality, Health, or Work Performance? *Ashrae Journal*, 61(9), 70–77. [https://backend.orbit.dtu.dk/ws/files/201352061/ashrae\\_journal\\_september\\_2019\\_76\\_77.pdf](https://backend.orbit.dtu.dk/ws/files/201352061/ashrae_journal_september_2019_76_77.pdf)
- gemeente Amsterdam. (z.d.). Innovatiepartnerschap schoolgebouwen. <https://www.amsterdam.nl/sociaaldomein/innovatiepartnerschap-schoolgebouwen/>. Geraadpleegd op 3 september 2023, van <https://www.amsterdam.nl/sociaaldomein/innovatiepartnerschap-schoolgebouwen/>
- Glouberman, S., Zimmerman, B., & Canada, C. O. T. F. O. H. C. I. (2002). *Complicated and complex systems [Electronic resource]: What would successful reform of Medicare look like?* [Saskatoon]: Commission on the Future of Health Care in Canada.
- Goodman, J., Hurwitz, M., Park, J., & Smith, J. D. (2020). Heat and Learning. *American Economic Journal: Economic Policy*, 12(2), 306–339. <https://doi.org/10.1257/pol.20180612>
- Haverinen-Shaughnessy, U., & Shaughnessy, R. (2015). Effects of Classroom Ventilation Rate and Temperature on Students' Test Scores. *PLOS ONE*, 10(8), e0136165. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136165>
- Haverinen-Shaughnessy, U., Shaughnessy, R., Cole, E. C., Toyinbo, O., & Moschandreas, D. J. (2015). An assessment of indoor environmental quality in schools and its association with health and performance. *Building and Environment*, 93, 35–40. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.03.006>
- Hoogland, H. (2023). *VERBETERING ONDERWIJSHUISVESTING FUNDEREND ONDERWIJS: EINDRAPPORT TASKFORCE FINANCIERING*. Taskforce Financiering.
- IBO Onderwijsruimteinvestering Funderend Onderwijs. (2021). *IBO Onderwijsruimteinvestering funderend onderwijs: Een vak apart Een toekomstbestendig onderwijsruimteinvestingsstelsel*. Ministerie van Financiën.
- Indexering normbedragen onderwijsruimteinvesting 2023 | VNG.* (z.d.-a). VNG. <https://vng.nl/nieuws/indexering-normbedragen-onderwijsruimteinvesting-2023>
- Indexering normbedragen onderwijsruimteinvesting 2023 | VNG.* (z.d.-b). VNG. <https://vng.nl/nieuws/indexering-normbedragen-onderwijsruimteinvesting-2023>

- Invest-NL & Ruimte-OK. (2023). *Organisatievormen voor optimale samenwerking in onderwijshuisvesting: Een verkenning van oplossingsrichtingen voor een betere organisatie van onderwijshuisvesting*.
- Jaber, A. R., Dejan, M., & Marcella, U. (2017). The Effect of Indoor Temperature and CO<sub>2</sub> Levels on Cognitive Performance of Adult Females in a University Building in Saudi Arabia. *Energy Procedia*, 122, 451–456. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.378>
- Khadaroo, I. (2014). The valuation of risk transfer in UK school public private partnership contracts. *British Accounting Review*, 46(2), 154–165. <https://doi.org/10.1016/j.bar.2013.12.004>
- Katic, D., Krstić, H., & Marenjak, S. (2021). Energy Performance of School Buildings by Construction Periods in Federation of Bosnia and Herzegovina. *Buildings*, 11(2), 42. <https://doi.org/10.3390/buildings11020042>
- Kochhar, N., Williams, M. R. J., Bakó-Biró, Zs., Clements-Croome, D. J., & Awbi, H. B. (2007). Ventilation rates in schools and learning performance. *Proceedings of Clima 2007 WellBeing Indoors*, 1–9.
- Kochhar, N., Awbi, H. & Williams, M. (2012). Ventilation rates in schools and pupils' performance. *Building and Environment*, 48, 215–223. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.08.018>
- Koppenjan, J., Klijn, E. H., Duijn, M., Klaassen, H., Van Meerkerk, L., Metselaar, S., Warsen, R., & Verweij, S. (2020). LEREN VAN 15 JAAR DBFM-PROJECTEN BIJ RWS. In <http://www.rug.nl/research/portal>. Universiteit van Groningen. Geraadpleegd op 17 augustus 2023, van <http://www.rug.nl/research/portal>
- Kort, H. S. M. (2020). Classrooms' indoor environmental conditions affecting the academic achievement of students and teachers in higher education: A systematic literature review. *Indoor Air*, 31(2), 405–425. <https://doi.org/10.1111/ina.12745>
- Lan, L., Wargocki, P., & Lian, Z. (2011). Quantitative measurement of productivity loss due to thermal discomfort. *Energy and Buildings*, 43(5), 1057–1062. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.09.001>.
- Landelijk Coördinatieteam Ventilatie op Scholen. (2020, oktober). Eindrapportage Beeld van ventilatie op scholen in het funderend onderwijs in Nederland. <https://www.Rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/10/01/eindrapport-landelijk-coordinatieteam-ventilatie-op-scholen>
- Leemans, G., & Von Ahlefeld, H. (2013). Understanding school building policy and practice in Belgium's Flemish community. *OECD education working papers*. <https://doi.org/10.1787/5k46h2rtw5mx-en>
- Loorbach, D. (2010). Transition Management for Sustainable Development: A Prescriptive, Complexity-Based Governance Framework. *Governance*, 23(1), 161–183. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0491.2009.01471.x>
- Loorbach, D., & Rotmans, J. (2010). The practice of transition management: Examples and lessons from four distinct cases. *Futures*, 42(3), 237–246. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2009.11.009>
- Meijer, P. H., & Verweij, R. (2009). Energieverbruik per functie voor SenterNovem. Meijer Energie & Milieumanagement B.V. Geraadpleegd op 25 maart 2023, van <https://docplayer.nl/18150687-energieverbruik-per-functie-voor-senternovem.html>

*Indoor air* 15 Mendell, M. J.,

Eliseeva, E. A., Davies, M. M., Spears, M., Lobscheid, A., Fisk, W. J., & Apte, M. G. (2013). Association of classroom ventilation with reduced illness absence: a prospective study in California elementary schools. *Indoor Air*, 23(6), 515–528.

<https://doi.org/10.1111/ina.12042>

*Meteorologische gegevens, 1990-2022 | Compendium voor de Leefomgeving.* (z.d.).

<https://www.clo.nl/indicatoren/nl0004-meteorologische-gegevens-in--nederland>

Ministerie van Algemene Zaken. (2022, 4 november). *Herverdeeeffectenmodel en totstandkoming bedragen voor de vereenvoudiging bekostiging PO*. Publicatie | Rijksoverheid.nl.

<https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/financiering->

[onderwijs/documenten/publicaties/2022/03/31/herverdeeeffectenmodel-en-](https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/financiering-)

[totstandkoming-bedragen-voor-de-vereenvoudiging-bekostiging-po](https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/financiering-)

Mitchell, M., & Newman, M. E. J. (2002). Complex systems theory and evolution. *Encyclopedia of evolution*, 1, 1–5. [https://works.bepress.com/melanie\\_mitchell/18/](https://works.bepress.com/melanie_mitchell/18/)

Nederlands normeringsinstituut, NEN 2767-2:2008 nl, <https://www.nen.nl/bouw/beheer-en-onderhoud/conditiemeting>

Ngwepe, L., & Aigbavboa, C. (2015). A theoretical review of building life cycle stages and their related environmental impacts. University of Johannesburg Emerging Researchers Funds.

<https://ujcontent.uj.ac.za/esploro/outputs/journalArticle/A-theoretical-review-of-building-life/9910312807691>

<https://www.nrc.nl/nieuws/2023/07/28/binnen-bij-teslas-buitenaards-grote-fabriek-in-brandenburg-waar-robots-een-mechanisch-ballet-uitvoeren-a4170757>.

Palacios, J. C., Eichholtz, P., & Kok, N. (2020). Moving to productivity: The benefits of healthy buildings. *PLOS ONE*, 15(8), e0236029. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236029>

Palacios, J. C., Eichholtz, P., Kok, N., & Aydin, E. (2021). The impact of housing conditions on health outcomes. *Real Estate Economics*, 49(4), 1172–1200.

<https://doi.org/10.1111/1540-6229.12317>

Palacios, J., Duran, N., Kok, N., & Eichholtz, P. (2022). Indoor air quality and learning: Evidence from a large field study in primary schools. *MIT Center for Real Estate Research*, 22/13, 1–11.

PO-raad & VO-raad. (2021, december). *whitepaper onderwijshuisvesting*.

[https://www.poraad.nl/uploads/2021-12/whitepaper\\_onderwijshuisvesting.pdf](https://www.poraad.nl/uploads/2021-12/whitepaper_onderwijshuisvesting.pdf).

PO-raad, VO-raad & Vereniging Nederlandse Gemeenten. (2019). *Sectorale routekaart voor verduurzaming van schoolgebouwen in het primair en voortgezet onderwijs (groeidocument): Op weg naar duurzame en frisse schoolgebouwen voor goed onderwijs*.

PO-raad, VO-raad & Vereniging Nederlandse Gemeenten. (2020). Sectorale routekaart voor verduurzaming van schoolgebouwen in het primair en voortgezet onderwijs: Op weg naar duurzame en frisse schoolgebouwen voor goed onderwijs. In

[https://www.poraad.nl/system/files/themas/huisvesting/sectorale\\_routekaart\\_po-raad\\_vo-raad\\_vng.pdf](https://www.poraad.nl/system/files/themas/huisvesting/sectorale_routekaart_po-raad_vo-raad_vng.pdf).

- O'Shea, C., Palcic, D., & Reeves, E. (2018). COMPARING PPP WITH TRADITIONAL PROCUREMENT: THE CASE OF SCHOOLS PROCUREMENT IN IRELAND. *Annals of Public and Cooperative Economics*, 90(2), 245–267. <https://doi.org/10.1111/apce.12236>
- O'Shea, C., Palcic, D., & Reeves, E. (2020). Using PPP to procure social infrastructure: lessons from 20 years of experience in Ireland. *Public Works Management & Policy*, 25(3), 201–213. <https://doi.org/10.1177/1087724x19899100>
- Reeves, E., & Ryan, J. T. (2007). Piloting Public-Private Partnerships: Expensive lessons from Ireland's schools' sector. *Public Money & Management*, 27(5), 331–338. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9302.2007.00604.x>
- Riham Jaber, A., Dejan, M. & Marcella, U. (2017). The Effect of Indoor Temperature and CO2 Levels on Cognitive Performance of Adult Females in a University Building in Saudi Arabia. *Energy Procedia*, 122, 451–456. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.378>
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (2021). *Programma van Eisen Frisse Scholen 2021: In opdracht van het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties*. Rijksdienst Ondernemend Nederland.
- Rijksoverheid. (2019). Klimaatakkoord. In [www.klimaatakkoord.nl](http://www.klimaatakkoord.nl).
- Rotmans, J., & Horsten, H. (2012). *In het oog van de orkaan: Nederland in transitie*.
- Rotmans, J., & Loorbach, D. (2009). Complexity and transition management. *Journal of Industrial Ecology*, 13(2), 184–196. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2009.00116.x>
- Rudnick, S., & Milton, D. K. (2003). Risk of indoor airborne infection transmission estimated from carbon dioxide concentration. *Indoor Air*, 13(3), 237–245. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0668.2003.00189.x>
- Ruimte-OK. (2023). Leren van opgedane ervaringen scholenprogramma Noordoost-Groningen: Van project naar programma-cultuur. In <https://www.ruimte-ok.nl>.
- Satish, U., Mendell, M. J., Shekhar, K., Hotchi, T., & Sullivan, D. (2012). Is CO2 an indoor pollutant? Direct effects of Low-to-Moderate CO2 concentrations on human Decision-Making performance. *Environmental Health Perspectives*, 12(120).
- Schoolgebouwen primair en voortgezet onderwijs: de praktijk gecheckt. (2016). In <https://www.rekenkamer.nl/onderwerpen/basis--en-voortgezet-onderwijs/documenten/rapporten/2016/02/04/schoolgebouwen-primair-en-voortgezet-onderwijs-de-praktijk-gecheckt>. Algemeen Rekenkamer. <https://www.rekenkamer.nl/onderwerpen/basis--en-voortgezet-onderwijs/documenten/rapporten/2016/02/04/schoolgebouwen-primair-en-voortgezet-onderwijs-de-praktijk-gecheckt>
- Sectorale Routekaart Gemeentelijk Maatschappelijk Vastgoed. (2020). In <https://vng.nl/sites/default/files/2020-05/2020sectorale-routekaart-maatschappelijk-vastgoed-def.pdf>. Vereniging Nederlandse gemeenten. Geraadpleegd op 19 februari 2023, van <https://vng.nl/sites/default/files/2020-05/2020sectorale-routekaart-maatschappelijk-vastgoed-def.pdf>
- Sectorale routekaart PO-raad, VO-raad, VNG 2020. (2020). In [https://www.poraad.nl/system/files/themas/huisvesting/sectorale\\_routekaart\\_po-raad\\_vo-raad\\_vng.pdf](https://www.poraad.nl/system/files/themas/huisvesting/sectorale_routekaart_po-raad_vo-raad_vng.pdf). Vereniging Nederlandse gemeenten, PO-raad en VO-raad.

[https://www.poraad.nl/system/files/themas/huisvesting/sectorale\\_routekaart\\_po-raad\\_vo-raad\\_vng.pdf](https://www.poraad.nl/system/files/themas/huisvesting/sectorale_routekaart_po-raad_vo-raad_vng.pdf)

- Sectorale routekaart voor verduurzaming van schoolgebouwen in het primair en voortgezet onderwijs (groeidocument). (2019). In <https://www.poraad.nl/werkgeverschap/onderwijshuisvesting/sectorale-routekaart-verduurzaming-schoolgebouwen>. PO-raad en VO-raad. Geraadpleegd op 19 februari 2023, van <https://www.poraad.nl/werkgeverschap/onderwijshuisvesting/sectorale-routekaart-verduurzaming-schoolgebouwen>.
- Sekaran, U. & Bougie, R. (2020). *Research Methods For Business 8th: A Skill Building Approach* (8ste editie). Wiley
- Seppänen, O. A., Fisk, W. J. & Mendell, M. J. (1999). Association of Ventilation Rates and CO2 Concentrations with Health and Other Responses in Commercial and Institutional Buildings. *Indoor Air*, 9, 229–252.

#### *Indoor air 9*

- Seppänen, O., Fisk, W. J., & Lei, Q. (2006). Effect of temperature on task performance in office environment. *Lawrence Berkeley National Laboratory*. <https://escholarship.org/uc/item/45g4n3rv.pdf>.
- Smith, B. C. (2004). Economic Depreciation of Residential Real Estate: Microlevel space and Time analysis. *Real Estate Economics*, 32(1), 161–180. <https://doi.org/10.1111/j.1080-8620.2004.00087.x>

#### *Procedia-Social and Behavioral Sciences 119*

- Teisman, G., Nooteboom, S., Stouten, M., & Duijn, M. (2022). Evaluatie DBFMO-contract bij huisvestingsprojecten van het Rijksvastgoedbedrijf. In einsrapportage. Erasmus Universiteit Rotterdam.
- Van Bruggen, M., Stutvoet, E., & Mooij, M. (2022). Een energie-efficiëntie indicator op basis van het werkelijke energiegebruik van een gebouw. In [www.wei.nl](http://www.wei.nl) (versie 2.0). TVVL en DGBC.
- Van Capellen, L., Wielders, L., Scholten, T., & CE Delft. (2021). Emissiefactor elektriciteit uit fossiele bronnen: Voor compensatieregeling IKC-ETS. In [https://www.rvo.nl/sites/default/files/2022-05/CE\\_Delft\\_210338\\_Emissiefactor\\_Elektriciteit\\_Fossiele\\_Bronnen\\_DEF.pdf](https://www.rvo.nl/sites/default/files/2022-05/CE_Delft_210338_Emissiefactor_Elektriciteit_Fossiele_Bronnen_DEF.pdf) (21.210338.120). CE Delft. Geraadpleegd op 15 april 2023, van [https://www.rvo.nl/sites/default/files/2020/05/vaststelling-standaard-co2-ef-aardgas-jaar-nationale-monitoring-2020-en-ets-2020-def\\_0.pdf](https://www.rvo.nl/sites/default/files/2020/05/vaststelling-standaard-co2-ef-aardgas-jaar-nationale-monitoring-2020-en-ets-2020-def_0.pdf).
- Van Dronkelaar, C., Dowson, M., Spataru, C., & Mumovic, D. (2016). A Review of the Regulatory Energy Performance Gap and Its Underlying Causes in Non-domestic Buildings. *Frontiers in Mechanical Engineering*, 1. <https://doi.org/10.3389/fmech.2015.00017>
- Van Gestel, K., Willems, T., Verhoest, K., Voets, J., & Van Garsse, S. (2014). Public-private partnerships in Flemish Schools: a complex governance structure in a complex context. *Public Money & Management*, 34(5), 363–370. <https://doi.org/10.1080/09540962.2014.945808>

- Van Hal, L. J., & Speksnijder, R. (2022). *Marktconsultatie pilot onderwijshuisvesting*. gemeente Delft.
- Vereniging van Nederlandse Gemeenten. (2020). *Sectorale Routekaart Gemeentelijk Maatschappelijk Vastgoed: Routekaart gemeenten (2020)*.
- Veuger, J. (2009). ONDERZOEK VOOR MAATSCHAPPELIJK VASTGOED NOODZAKELIJK. *Real Estate*, 11–13.
- VO-raad. (z.d.-a). VO-raad. <https://www.vo-raad.nl/onderwerpen/financieel-beleid/praktijk-ondersteuning>
- VO-raad. (z.d.-b). VO-raad. <https://www.vo-raad.nl/zoeken/facet?q=bekostiging&sort=relevance&commit=>
- VROM, & Versteeg, H. (2007, juli). Onderzoek naar de kwaliteit van het binnenklimaat in basisscholen (Artikelcode 8055). VROM. <https://www.vrom.nl>
- Wargocki, P., Porras-Salazar, J. A., & Contreras-Espinoza, S. (2019). The relationship between classroom temperature and children's performance in school. *Building and Environment*, 157, 197–204. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.04.046>.
- Wargocki, P., Porras-Salazar, J. A., Contreras-Espinoza, S. & Bahnfleth, W. (2020). The relationships between classroom air quality and children's performance in school. *Building and Environment*, 173, 106749. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106>.
- Weergegevens De Bilt 2020 - Weerstatistieken KNMI. (z.d.). <https://weerstatistieken.nl/de-bilt/2020/>
- Woodward, D. (1997). Life Cycle Costing—Theory, information acquisition and Application. *International Journal of Project Management*, 15(6), 335–344. [https://doi.org/10.1016/s0263-7863\(96\)00089-0](https://doi.org/10.1016/s0263-7863(96)00089-0)
- Yin, R.K. (2018). Case Study research and applications: design and methods (Sixth). SAGE Publications, Inc.
- Yin, R.K. (2018). Case Study research and applications: design and methods (Sixth). SAGE Publications, Inc.
- Yiu, C. (2007). Building depreciation and sustainable development. *Journal of Building Appraisal*, 3(2), 97–103. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jba.2950072>
- Zhang, X., Chen, X., & Zhang, X. (2018). The impact of exposure to air pollution on cognitive performance. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(37), 9193–9197. <https://doi.org/10.1073/pnas.1809474115>
- Zhang, X., Wargocki, P., & Lian, Z. (2017). Physiological responses during exposure to carbon dioxide and bioeffluents at levels typically occurring indoors. *Indoor Air*, 27(1), 65–77. <https://doi.org/10.1111/ina.12286>.

## Bijlagen:

### A. lijst met respondenten

	functie	type organisatie	datum interview
S1	huisvesting en facilitair	schoolbestuur	24-05-23
A2	adviseur	adviesbureau	24-05-23
S3	huisvesting en facilitair	schoolbestuur	24-05-23
A4	adviseur	adviesbureau	26-05-23
U5	management	installatiebedrijf	26-05-23
U6	management	installatiebedrijf	26-05-23
S7	huisvesting en facilitair	schoolbestuur	31-05-23
U8	management	aannemer	16-06-23
S9	huisvesting en facilitair	schoolbestuur	2-06-23
L10	beleidsadviseur	sectorvereniging	5-06-23
L11	beleidsadviseur	sectorvereniging	5-06-23
A12	adviseur	adviesbureau	5-06-23
S13	huisvesting en facilitair	schoolbestuur	5-06-23
G14	beleidsadviseur	gemeente	7-06-23
S15	huisvesting en facilitair	schoolbestuur	7-06-23
A16	adviseur	adviesbureau	7-06-23
A17	architect	architectenbureau	14-06-23
U18	management	aannemer	14-06-23
A19	adviseur	adviesbureau	12-06-23
A20	adviseur	installatiebedrijf	12-06-23
U21	management	installatiebedrijf	14-06-23
U22	management	aannemer	16-06-23
S23	huisvesting en facilitair	schoolbestuur	16-06-23
S24	huisvesting en facilitair	schoolbestuur	21-06-23
U25	management	aannemer	22-06-23
A26	adviseur	adviesbureau	22-06-23
L27	management	kenniscentrum	26-06-23
S28	huisvesting en facilitair	schoolbestuur	7-07-23
G29	beleidsadviseur	gemeente	11-07-23
G30	beleidsadviseur	gemeente	30-08-23
A31	architect	architectenbureau	21-06-23
A32	adviseur	adviesbureau	23-06-23
U33	management	installatiebedrijf	5-07-23
A34	adviseur	adviesbureau	21-06-23
L35	adviseur	Rijksoverheid	23-06-23
U36	management		5-07-23
L37	beleidsadviseur	Belangen vereniging	5-07-23
S38	huisvesting en facilitair	schoolbestuur	5-07-23
L39	beleidsadviseur	Rijksoverheid	13-07-23
L40	beleidsadviseur	Rijksoverheid	17-08-23
G41	beleidsadviseur	gemeente	18-08-23
R42	bestuurder	stichting maatschappelijk vastgoed	19-09-23
R43	bestuurder	Breedsaam	18-09-23



## B. Lijsten met vragen

### Gemeenten:

1. Wat is uw ervaring met duurzame schoolgebouwen, voldoet het aan de verwachting?
2. passen de stichtingskosten binnen de financiële middelen van de gemeente?
3. wat is het plan/strategie mbt het verduurzamen van de onderwijshuisvesting
4. wordt de planning gehaald?
5. wat zijn de grootste obstakels
1. 6.wat zou er moeten veranderen om de planning te versnellen/te halen?

### Schoolbesturen:

1. Wat is uw ervaring met het binnenklimaat, voldoet het aan de verwachting wordt het binnenklimaat actief gemonitord?
2. wat is uw ervaring met de klimaatinstallaties, makkelijk of moeilijk in onderhoud, makkelijk/moeilijk te bedienen
3. is aanbesteed op laagste bouwsom of LCpassen de onderhoudskosten en energiekosten binnen de vergoeding?
4. wat zou u eventueel in de toekomst anders doen, wat wordt er nu gemist

### Uitvoerende partijen:

1. hoeveel duurzame (B)ENG schoolgebouwen heeft u gerealiseerd:
2. hoe wordt aanbesteed. LCC eenmalige kosten, zijn er opdrachten incl vijf jaar onderhoud of andere innovatieve contracten, zou dit beter zijn?
3. Bent u op de hoogte van de ervaringen met het binnenklimaat door de gebruikers, voldoet het
4. aan de verwachtingen, zijn er klachten over de installaties?
5. wat zijn uw ervaringen met de klimaatinstallaties, makkelijk of moeilijk in onderhoud,
6. makkelijk/moeilijk in te regelen
7. Bent u op de hoogte van het werkelijke energieverbruik tov het berekende energieverbruik
8. wat zou u eventueel in de toekomst anders doen, wat kan er worden verbeterd

### Adviseurs

1. hoeveel duurzame (B)ENG schoolgebouwen heeft u gerealiseerd:
2. Op basis waarvan maakt u het ontwerp van de installaties of het gebouw
  1. speelt LCC hierin een rol
2. Bent u op de hoogte van de ervaringen met het binnenklimaat door de gebruikers, voldoet het
3. aan de verwachtingen, zijn er klachten over de installaties?
4. wat zijn uw ervaringen met de klimaatinstallaties, makkelijk of moeilijk in onderhoud, makkelijk/moeilijk in te regelen
5. Bent u op de hoogte van het werkelijke energieverbruik tov het berekende energieverbruik
6. wat zou u eventueel in de toekomst anders doen, wat kan er worden verbeterd

Sectorraden:

1. Kunt u een toelichting geven op de uitgangspunten voor duurzaam schoolgebouw
2. welke signalen krijgen zij vanuit de schoolbesturen
3. passen de onderhoudskosten en energiekosten binnen de vergoeding?
4. welke ontwikkelingen zien ze en wat zou eventueel anders moeten

VNG

1. Toelichting geven op de uitgangspunten voor duurzaam schoolgebouw
2. welke signalen krijgen zij vanuit de gemeenten over de voortgang
3. welke signalen geven ze aan de rijksoverheid
4. welke ontwikkelingen zien ze en wat zou eventueel in de toekomst anders moeten,
5. passen stichtingskosten binnen de vergoeding?
6. kan het labelen van het geld een oplossing zijn?



## D. Berekening bijdrage Rijk per Leerling

		inwoners	LL PO - DUO	Bijdrage vlg PO - raad	€/LL vlg PO - Raad
Alkmaar	361	110.558	8.291	€ 4.525.643	€ 546
Den Bosch	796	156.426	12.325	€ 6.256.556	€ 508
Dordrecht	505	119.832	9.556	€ 5.552.110	€ 581
Ede	228	119.244	10.997	€ 5.128.226	€ 466
Emmen	114	107.668	7.949	€ 3.997.608	€ 503
Leeuwarden	80	125.230	9.240	€ 4.903.117	€ 531
Lelystad	995	80.292	7.203	€ 4.034.699	€ 560
Maastricht	935	120.951	6.463	€ 3.723.748	€ 576
Midden Groningen	1.952	61.092	4.246	€ 2.417.455	€ 569
Nieuwegein	356	64.251	4.949	€ 2.702.410	€ 546
Terneuzen	715	54.501	3.672	€ 2.027.155	€ 552
Zwolle	193	130.622	11.207	€ 5.614.864	€ 501
				€ 4.240.299	€ 537

berekening vergoeding per leerling primair onderwijs

		inwoners	LL mei circulaire	LL VO DUO	€ per LL mei circ	bidragte Rijk	"-/- OZB verze	-/- beleid	€/LL
Alkmaar	361	110.558	5.475	6.844	€ 370,50	3.677.782	€ 3.346.782	€ 3.045.571	€ 445,01
Den Bosch	796	156.426	6.538	8.173	€ 370,50	4.391.951	€ 3.996.675	€ 3.636.975	€ 445,03
Dordrecht	505	119.832	4.758	5.948	€ 370,50	3.196.296	€ 2.908.629	€ 2.646.853	€ 445,04
Ede	228	119.244	3.661	4.576	€ 370,50	2.459.020	€ 2.237.708	€ 2.036.314	€ 444,97
Emmen	114	107.668	4.665	5.831	€ 370,50	3.133.423	€ 2.851.415	€ 2.594.788	€ 444,98
Leeuwarden	80	125.230	5.737	7.171	€ 370,50	3.853.503	€ 3.506.688	€ 3.191.086	€ 444,98
Lelystad	995	80.292	2.761	3.451	€ 370,50	1.854.475	€ 1.687.572	€ 1.535.691	€ 444,97
Maastricht	935	120.951	4.175	5.219	€ 370,50	2.804.551	€ 2.552.141	€ 2.322.449	€ 445,02
Midden Groningen	1.952	61.092	1.205	1.506	€ 370,50	809.284	€ 736.448	€ 670.168	€ 444,92
Nieuwegein	356	64.251	4.117	5.146	€ 370,50	2.765.322	€ 2.516.443	€ 2.289.963	€ 444,98
Terneuzen	715	54.501	1.862	2.328	€ 370,50	1.250.467	€ 1.137.925	€ 1.035.512	€ 444,90
Zwolle	193	130.622	7.889	9.861	€ 370,50	5.299.037	€ 4.822.124	€ 4.388.133	€ 444,99
									€ 444,98

berekening vergoeding per leerling voortgezet onderwijs

## E. Berekening kapitaallasten en vergoeding per leerling

Bouwkostenkompas	#LL	m <sup>2</sup> BVO	€/m <sup>2</sup> BVO	bijkomende kosten	BTW	totaal €/m <sup>2</sup> BVO	totaal stichtingskosten	€/LL	kapitaal lasten gemiddeld	kapitaal last per LL	totaal per LL	vergoe ding Rijk	verschil in €	verschil in %
sporthal		1.800	2.558	€ 588	€ 661	€ 3.807	6.852.729	6.230	184.857	€ 168	€ 859	€ 445	€ -414	<b>-93%</b>
VO-school	500	3.880	2.218	€ 510	€ 573	€ 3.301	12.808.072	25.616	345.507	€ 691	€ 859	€ 445	€ -298	<b>-67%</b>
	1.500	9.680	2.218	€ 510	€ 573	€ 3.301	31.954.158	21.303	861.986	€ 575	€ 743	€ 445		
Bouwkostenkompas	#LL	m <sup>2</sup> BVO	€/m <sup>2</sup> BVO	bij	BTW	totaal	totaal	€/LL	€ gemiddeld					
PO-school	215	1.281	€ 2.240	€ 515	€ 579	€ 3.334	4.272.088	19.870	€ 101.175	€ 471				
gymlokaal	215	9	2.470	€ 568	€ 638	€ 3.676	2.205.661	55.142	€ 59.499	€ 62	533	537	4	<b>1%</b>
Verordening 2023	#LL	m <sup>2</sup> BVO	€/m <sup>2</sup> BVO	bijkomende kosten	BTW	totaal €/m <sup>2</sup> BVO	totaal stichtingskosten	€/LL	kapitaal lasten gemiddeld	kapitaal last per LL	totaal per LL	vergoe ding Rijk	verschil	% verschil
sporthal		1.800	€ 1.682	€ 404	€ 438	€ 2.523	4.541.808		122.518	€ 111				
VO-school	500	3.880	€ 1.459	€ 350	€ 380	€ 2.189	8.493.320		229.113	€ 458	570	445	-125	<b>-28%</b>
VO-school	1.500	9.680	€ 1.460	€ 350	€ 380	€ 2.190	21.199.200		571.863	€ 381	€ 493	445	-48	<b>-11%</b>
Verordening 2023														
PO-school	215	1.281	€ 1.905	€ 457	€ 496	€ 2.858	3.661.959	2.858	€ 98.784	€ 459				
gymlokaal	215	9	€ 1.682	€ 404	€ 438	€ 2.523	1.513.936	37.848	€ 40.839	€ 43	502	537	35	<b>6%</b>

berekening stichtingskosten en kapitaallasten per leerling en vergelijking met vergoeding per leerling

## F. Meetresultaten klaslokalen

Cornelis Musiusschool gemeten van 07/06/23 tot en met 08/07/23

# Indoor air quality report

Report generated for period 07/06/23 to 08/07/23



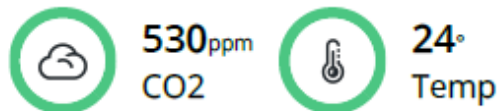
## Cornelis Musiusschool - Delft

<b>Address</b> 2d8751a5-4205-49c8-8fd0-847fa9e0932c	<b>Building type</b> School	<b>Building year</b>	<b>Ventilation</b> Balanced
--	--------------------------------	----------------------	--------------------------------

## Opening hours

<b>Monday</b> 08:00 - 17:00	<b>Tuesday</b> 08:00 - 17:00	<b>Wednesday</b> 08:00 - 17:00	<b>Thursday</b> 08:00 - 17:00	<b>Friday</b> 08:00 - 17:00	<b>Saturday</b> Closed	<b>Sunday</b> Closed
--------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	---------------------------	-------------------------

## Average hourly measurements during opening hours



This indoor air quality report presents the quality of the air in a home, school, office, or other building environments. The recommended thresholds are based on guidance from the WHO and national agencies. Measurements have been made using Airthings indoor air quality monitors. The highest and lowest measurements are from the source data and not averages.

— grenswaarde in °C en ppm volgens Programma van Eisen Frisse Scholen klasse B

### CO2

- Normal level < 800ppm
- Action level 800ppm < 1000ppm
- Warning level 1000ppm



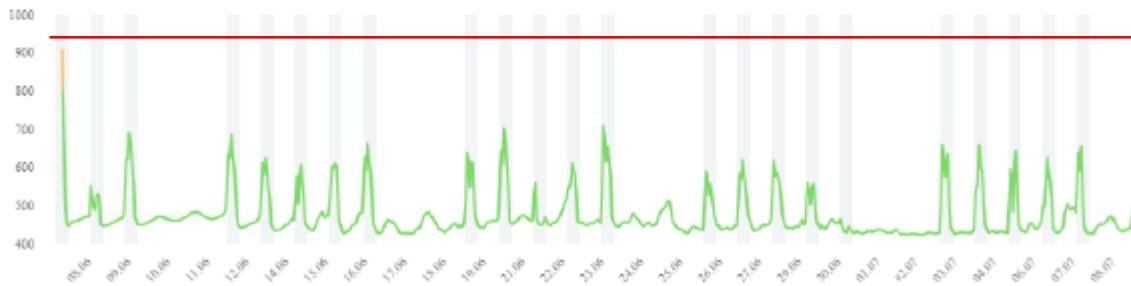
Average within opening hours

**530**ppm

Average value

**475**ppm

Carbon dioxide (CO2) is an important consideration when it comes to comfort and productivity. Air with high levels of CO2 can lead to difficulty concentrating, decreased cognitive ability, and fatigue. Typically, CO2 levels outdoors are around 400 parts per million (ppm). Concentrations below 800 ppm are considered ideal for a healthy and productive workspace. To reduce your CO2 levels increase space ventilation.



Values within opening hours	Average	Lowest measurement	Highest measurement
2930145281	<span style="color: green;">●</span> 550 ppm	<span style="color: green;">●</span> 426 ppm	<span style="color: orange;">●</span> 960 ppm
2930151062	<span style="color: green;">●</span> 523 ppm	<span style="color: green;">●</span> 425 ppm	<span style="color: red;">●</span> 1012 ppm
2930151367	<span style="color: green;">●</span> 517 ppm	<span style="color: green;">●</span> 422 ppm	<span style="color: green;">●</span> 751 ppm

### Temperature

- Warning level < 18°
- Normal level 18° < 25°
- Warning level > 25°



Average within opening hours

**24°C**

Average value

**23°C**

The temperature is an important component of occupant comfort and productivity. The optimal temperature is in the range of 18-25°C or 64-77°F. An indoor temperature either above or below this range will reduce the overall indoor air quality rating.



Values within opening hours	Average	Lowest measurement	Highest measurement
● 2930145281	● 23.6 °C	● 21.4 °C	● 26.2 °C
● 2930151062	● 23.8 °C	● 20.3 °C	● 28.1 °C
● 2930151367	● 23.4 °C	● 20.2 °C	● 27 °C

Generated: 06/09/23 15:34  
 Measurement by: Rens van Hal  
 Report id: 44114a96-17dc-4fe9-bd6a-6ef10f2c78c4  
 Measurement devices: Airthings Space Plus

Comment:



Grotius Praktijkschool te Delft gemeten 07/06/23 tot en met 08/07/2023

# Indoor air quality report

Report generated for period 07/06/23 to 08/07/23



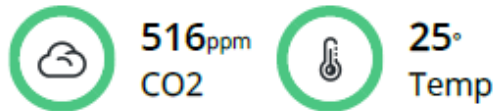
## Grotius Praktijkschool - Delft

<b>Address</b> 0d93316e-c660-4945-bbf6-bdd0ee28fb4e	<b>Building type</b> School	<b>Building year</b>	<b>Ventilation</b> Balanced
--	--------------------------------	----------------------	--------------------------------

## Opening hours

<b>Monday</b> 08:00 - 17:00	<b>Tuesday</b> 08:00 - 17:00	<b>Wednesday</b> 08:00 - 17:00	<b>Thursday</b> 08:00 - 17:00	<b>Friday</b> 08:00 - 17:00	<b>Saturday</b> Closed	<b>Sunday</b> Closed
--------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	---------------------------	-------------------------

## Average hourly measurements during opening hours



This indoor air quality report presents the quality of the air in a home, school, office, or other building environments. The recommended thresholds are based on guidance from the WHO and national agencies. Measurements have been made using Airthings indoor air quality monitors. The highest and lowest measurements are from the source data and not averages.

### CO2

- Normal level < 800ppm
- Action level 800ppm < 1000ppm
- Warning level 1000ppm



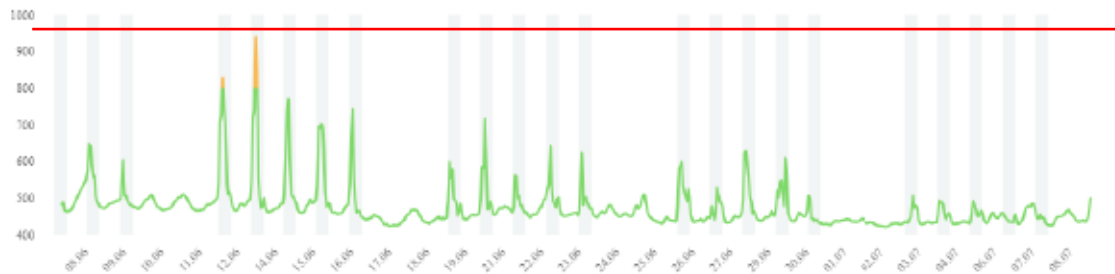
Average within opening hours

**516**ppm

Average value

**474**ppm

Carbon dioxide (CO2) is an important consideration when it comes to comfort and productivity. Air with high levels of CO2 can lead to difficulty concentrating, decreased cognitive ability, and fatigue. Typically, CO2 levels outdoors are around 400 parts per million (ppm). Concentrations below 800 ppm are considered ideal for a healthy and productive workspace. To reduce your CO2 levels increase space ventilation.



Values within opening hours	Average	Lowest measurement	Highest measurement
<span style="color: green;">○</span> 2930145161	<span style="color: green;">●</span> 482 ppm	<span style="color: green;">●</span> 424 ppm	<span style="color: green;">●</span> 799 ppm
<span style="color: green;">○</span> 2930151853	<span style="color: green;">●</span> 533 ppm	<span style="color: green;">●</span> 425 ppm	<span style="color: red;">●</span> 1254 ppm
<span style="color: green;">○</span> 2930154252	<span style="color: green;">●</span> 532 ppm	<span style="color: green;">●</span> 427 ppm	<span style="color: red;">●</span> 1093 ppm

## Temperature

- Warning level < 18°
- Normal level 18° < 25°
- Warning level 25°



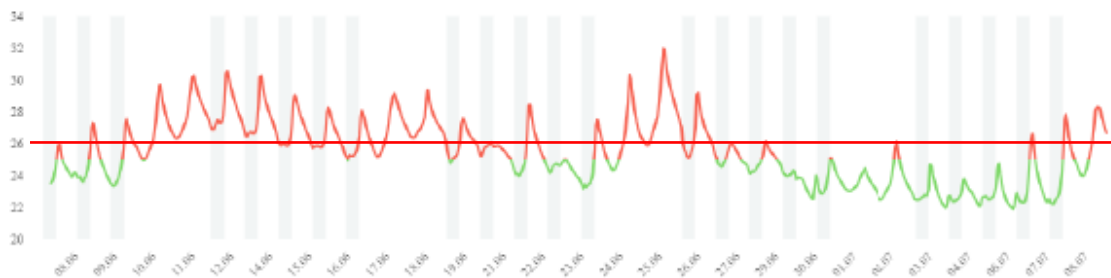
Average within opening hours

**25°C**

Average value

**26°C**

The temperature is an important component of occupant comfort and productivity. The optimal temperature is in the range of 18-25°C or 64-77°F. An indoor temperature either above or below this range will reduce the overall indoor air quality rating.



Values within opening hours	Average	Lowest measurement	Highest measurement
-----------------------------	---------	--------------------	---------------------

2930145161	● <b>23.1 °C</b>	● <b>20.6 °C</b>	● <b>27 °C</b>
2930151853	● <b>25.5 °C</b>	● <b>22.3 °C</b>	● <b>31.5 °C</b>
2930154252	● <b>25.1 °C</b>	● <b>22 °C</b>	● <b>28.1 °C</b>

Generated: 12/09/23 20:19  
 Measurement by: Rens van Hal  
 Report id: 787ccd5c-b999-4e8e-a1ed-8820576c00c9  
 Measurement devices: Airthings Space Plus

Comment:

De Kwakel te Berkel en Rodenrijk gemeten 07-06-2023 tot en met 08/07/2023

# Indoor air quality report

Report generated for period 07/06/23 to 08/07/23



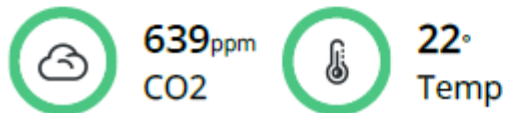
## KBS De Kwakel - Berkel en Rodenrijs

<b>Address</b> 72ee9b6a-967e-4ed9-9dc9-e0324b6db0d2	<b>Building type</b> School	<b>Building year</b>	<b>Ventilation</b> Balanced
--	--------------------------------	----------------------	--------------------------------

## Opening hours

<b>Monday</b> 08:00 - 17:00	<b>Tuesday</b> 08:00 - 17:00	<b>Wednesday</b> 08:00 - 17:00	<b>Thursday</b> 08:00 - 17:00	<b>Friday</b> 08:00 - 17:00	<b>Saturday</b> Closed	<b>Sunday</b> Closed
--------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	---------------------------	-------------------------

## Average hourly measurements during opening hours



This indoor air quality report presents the quality of the air in a home, school, office, or other building environments. The recommended thresholds are based on guidance from the WHO and national agencies. Measurements have been made using Airthings indoor air quality monitors. The highest and lowest measurements are from the source data and not averages.

### CO2

- Normal level < 800ppm
- Action level 800ppm < 1000ppm
- Warning level 1000ppm



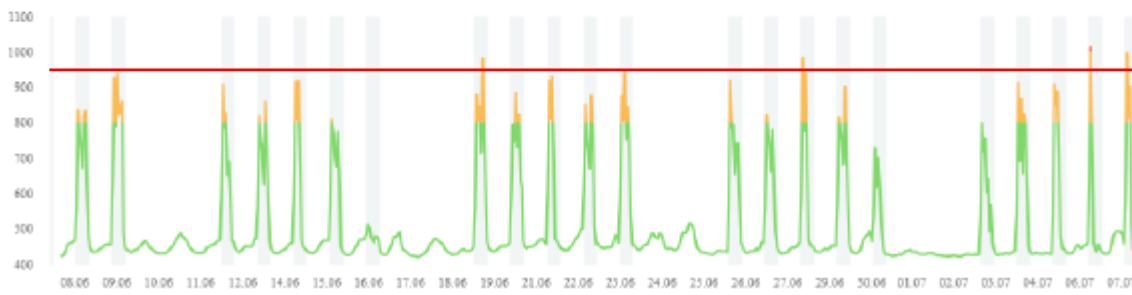
Average within opening hours

**639**ppm

Average value

**505**ppm

Carbon dioxide (CO2) is an important consideration when it comes to comfort and productivity. Air with high levels of CO2 can lead to difficulty concentrating, decreased cognitive ability, and fatigue. Typically, CO2 levels outdoors are around 400 parts per million (ppm). Concentrations below 800 ppm are considered ideal for a healthy and productive workspace. To reduce your CO2 levels increase space ventilation.



Values within opening hours	Average	Lowest measurement	Highest measurement
<span style="color: green;">○</span> 2930155596	<span style="color: green;">●</span> 651 ppm	<span style="color: green;">●</span> 430 ppm	<span style="color: red;">●</span> 1391 ppm
<span style="color: green;">○</span> 2930155647	<span style="color: green;">●</span> 644 ppm	<span style="color: green;">●</span> 422 ppm	<span style="color: red;">●</span> 1111 ppm
<span style="color: green;">○</span> 2930155663	<span style="color: green;">●</span> 622 ppm	<span style="color: green;">●</span> 428 ppm	<span style="color: red;">●</span> 1084 ppm

## Temperature

- Warning level < 18°
- Normal level 18° < 25°
- Warning level 25°



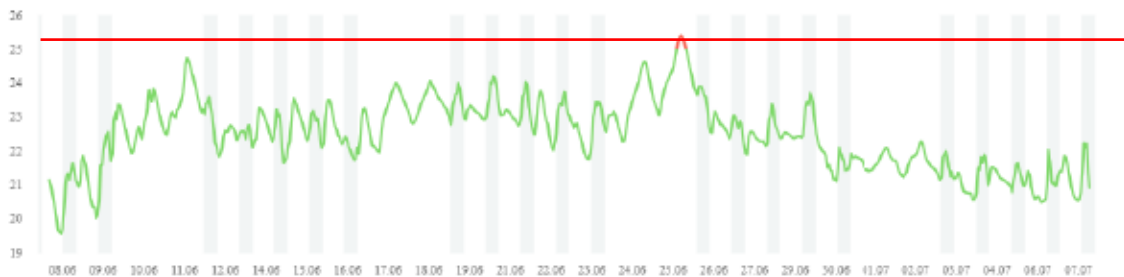
Average within opening hours

**22°C**

Average value

**23°C**

The temperature is an important component of occupant comfort and productivity. The optimal temperature is in the range of 18-25°C or 64-77°F. An indoor temperature either above or below this range will reduce the overall indoor air quality rating.



Values within opening hours	Average	Lowest measurement	Highest measurement
2930155596	<span style="color: green;">●</span> 22.3 °C	<span style="color: green;">●</span> 20 °C	<span style="color: green;">●</span> 24.5 °C
2930155647	<span style="color: green;">●</span> 22.2 °C	<span style="color: green;">●</span> 19.2 °C	<span style="color: green;">●</span> 24 °C
2930155663	<span style="color: green;">●</span> 22.8 °C	<span style="color: green;">●</span> 20.9 °C	<span style="color: green;">●</span> 24.6 °C

Generated: 06/09/23 15:35  
 Measurement by: Rens van Hal  
 Report Id: ca1e3caf-e595-4800-808d-43e64d713223  
 Measurement devices: Airthings Space Plus

Comment: